Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Núcleo Regional Sul

DEPARTAMENTO DE SOLOS UFRGS

# Anais da XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo



# XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO

## CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE

**Realização:**
Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Promoção:**
Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

**26 a 27 de novembro de 2020, Porto Alegre, Rio Grande do Sul**

# Anais da XIII Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo

Organizadores:
Tales Tiecher, Amanda Posselt Martins,
Cláudia Alessandra Peixoto de Barros,
Flávio Anastácio de Oliveira Camargo,
Carlos Alberto Bissani, Michael Mazurana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária Responsável: Denise Mari de Andrade Souza – CRB 10/960

A532

Anais da XIII Reunião Sul-Brasileira da Ciência do Solo: conhecimento aplicado ao campo e à cidade [recurso eletrônico] / Tiecher, Tales... et al. Porto Alegre: scp, 2021.

909 p.; il.

ISBN: 978-65-992884-1-8

1. Solo – Uso . 2. Solo - Sustentabilidade. 3. Manejo do Solo. I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia. II. Sociedade Brasileira da Ciência do Solo. III. Tiecher, Tales. IV. Título.

CDD: 631.4981

# Comitê Científico

Amanda Posselt Martins
Adriano Vilmar Garcia
Carlos Gustavo Tornquist
Claudia Alessandra Peixoto de Barros
Cícero Ortigara
Cimelio Bayer
Franquiele Bonilha da Silva
Getulio Coutinho Figueiredo
Lucas Aquino Alves
Marcelo Raul Schmidt
Jéssica Cavalcante
João Coblinski
João Pedro Moro Flores
Jonathas Johnson
Rafael Ramon
Tales Tiecher

# Sumário


Apresentação ..... 13

Seção 1 – Biologia e bioquímica do solo ..... 14

A Influência de Diferentes Sistemas Agrícolas na Atividade Microbiana do Solo ..... 15

Alterações na Comunidade Microbiana do Solo Promovidas pelo Pastejo, Estratégia de Fertilização e Calagem em um Sistema Integrado de Produção ..... 19

Avaliação Ecotoxicológica da utilização de Nanopartículas de Óxido de Magnésio (NPs-MgO) sobre *Phaseoulus vulgaris* ..... 24

Bactéria Fixadora de Nitrogênio para o Desenvolvimento da Soja em Solo Contaminado com Cobre ..... 29

Carbono da Biomassa Microbiana em Sistemas de Cultivo de Milho Forrageiro em Área com Semeadura Direta de Longo Prazo ..... 33

Como as famílias de aranhas respondem à intensidade de pastejo em um sistema integrado de produção agropecuária? ..... 38

Composição Sazonal da Fauna Edáfica em Pastagem de Jiggs Submetida a Diferentes Adubações ..... 43

Construção de Estirpe de *Nif*-mutante de uma Bactéria de Solo Psicrotolerante: Fixação Biológica de $N_2$ e Metabolismo de N ..... 48

Contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio no Feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.)) Inoculado com Estirpes Comerciais de Rizóbios ..... 52

Densidade de ácaros em diferentes usos do solo no Estado do Rio Grande do Sul ..... 57

Determinação da Quantidade de Bactérias Esporuladas em Três Tipos de Solos da Região Oeste da Bahia ..... 62

Determinação da Respiração Basal do Solo em Sistema Plantio Direto com diferença no manejo de espécies ..... 66

Distribuição Espacial de Bioindicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo de Inverno no Planalto do RS ..... 70

Ecotoxicidade e risco da clotianidina para colêmbolos *Folsomia candida* ..... 75

Efeito das Plantas de Cobertura na Atividade Microbiana de Canteiros ..... 80

Efeito de Plantações de Eucalipto na Funcionalidade do Solo no Bioma Pampa ..... 85

Efeito do Fungicida Comet® Sobre a Atividade Microbiana do Solo ..... 90

Esporulação de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Produção de Glomalina em Sistema

de Rotação de Culturas no Norte do Paraná ..... 95
Extração e Quantificação de Glomalina em Amostras de Diferentes Solos do Estado do Rio de Janeiro (RJ) ..... 100
Fertilizante organomineral remineralizador e ectomicorriza no crescimento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. ..... 105
Implicações da remoção da palhada da cana-de-açúcar na macrofauna do solo ..... 109
Influência da Precipitação Pluvial Sobre a Fauna Edáfica em Área de Reserva Legal no Cerrado Piauiense ..... 114
Influência do Microgeo® na Estrutura e Função de Solos sob Plantio Experimental ..... 118
Influência do Microgeo na Função Metabólica de um Solo sob Plantio Comercial ..... 123
O Uso de Dejeto Líquido de Suínos em Diferentes Doses Sobre a Composição da Fauna Edáfica na Cultura do Milho (*Zea mays* L.) ..... 128
Plantas de cobertura e fontes de N afetam os teores de glomalina em um solo arenoso cultivado com algodão ..... 133
Plantas de cobertura micorrízicas e não micorrízicas e a influência na liberação enzimática e solubilidade de fósforo no solo ..... 137
Remineralizador de Solo Associado à Inoculação com Organismos Benéficos no Cultivo do Milho ..... 142
Avaliação Ecotoxicológica de Fipronil sobre *Folsomia candida* em Latossolo e Neossolo ..... 147
Utilização de Nanopartículas de Óxido de Magnésio (NPs-MgO) Em Latossolo Vermelho e Seu Efeito Sobre a Atividade Microbiana do Solo ..... 152

**Seção 2 – Educação em solos / Solo, ambiente e sociedade** ..... 157
A ciência do solo nos projetos acadêmicos curriculares de Agronomia das instituições estaduais de ensino superior públicas do Brasil ..... 158
Análise de artigos da Educação em Solos no Brasil no período de 1998 a 2020 ..... 163
Análise De Solo Em Propriedades Da Região Serrana E Do Planalto Médio Do Rio Grande Do Sul ..... 167
Aprender Solos é Brincadeira! A Práxis do Uso do Lego® nas Aulas do Curso Técnico em Agropecuária ..... 172
Avaliação participativa de qualidade do solo em hortas de estudo no assentamento agrário Filhos de Sepé, Viamão, RS. ..... 177
Educação em solos: o projeto de extensão "A vida secreta do solo" no ensino à distância ..... 181
O solo no ensino de geografia: (re) construíndo a conscientização socioambiental através de práticas de solos ..... 185
Programa Ponte - Solo na Escola: do presencial ao virtual ..... 190

**Seção 3 – Fertilidade do solo e nutrição de plantas** ..... 194
Ácidos húmicos de diferentes origens exercem estímulos diferenciados em plantas de arroz de acordo com suas doses ..... 195
Adubação Fosfatada e Gesso Agrícola na Cultura do Trigo em Sistema Plantio Direto ..... 200
Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas ..... 205
Adubação Nitrogenada no Azevém Pastejado em Sucessão ao Arroz Irrigado, Após Seis Anos de Plantio Direto: Há Influência da Rotação com a Soja? ..... 210
Adubação potássica em videiras Prosecco em um Cambissolo da Serra Gaúcha ..... 216
Adubação Silicatada Potencializa a Nodulação e o Crescimento das Plantas de Soja ..... 221
Alterações de Cobre e Zinco de um Latossolo Vermelho Distrófico após Aplicação de Dejeto Líquido de Suínos em Assis Chateaubriand - Paraná ..... 226
Análise de Crescimento e Marcha de Absorção de Nutrientes em Plantas de Tomate Fertirrigado Híbrido 'Coronel' ..... 231
Análise de Solo em Propriedades da Região Serrana e do Planalto Médio do Rio Grande do Sul ..... 235
Biochar como Potencializador de Fertilizantes Influenciando o Estoque de Carbono em Produção Florestal ..... 240
Biochar e *Azospirillum Brasilense*: Efeitos nos Atributos Químicos do Solo e na Massa Seca de Milho ..... 244
Biofertilizante formulado com farinha de peixe eleva a atividade microbiana do solo e promove o crescimento de plantas de rúcula ..... 249
Características do capim BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) em resposta a fontes e doses de Agrosilício e calcário ..... 254
Cobertura e temperatura do solo e estresse térmico de plantas de milho para silagem precedidas de diferentes plantas hibernais de cobertura e escarificação ..... 259
Comportamento do nitrogênio da palha do arroz irrigado e do solo em função de diferentes manejos pós-colheita ..... 264
Composto de Resíduos de Tabaco como Fonte de Nitrogênio ao Milho em Plantio Direto ..... 269
Concentração de Fósforo e Potássio nos Grãos de Soja Cultivada no Brasil ..... 274
Concentrações de nitrato, potássio e condutividade elétrica em um nitossolo sob distintos manejos e cobertura de plantas na cultura do alho ..... 279
Curva de nitrogênio para novas cultivares de arroz irrigado ..... 283
Demonstração da essencialidade dos macronutrientes no alho cultivado com solução nutritiva ..... 288
Desempenho Agronômico da Cultura de Milho (*Zea mays* L.) em Função da Aplicação de Fertilizantes Organominerais ..... 293
Desenvolvimento inicial de plantas de lúpulo sob diferentes doses de potássio ..... 297

Disponibilidade de fósforo e potássio do solo em áreas arrozeiras após dois anos da adoção de integração com bovinocultura de corte ..... 301
Disponibilidade de nitrogênio na solução do solo é influenciada pelo cultivo hibernal e tem relação direta com a produtividade do arroz irrigado ..... 306
Disponibilidade de nutrientes e a interferência na germinação de desenvolvimento de Buva ..... 312
Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em plantio tardio de alho ..... 317
Efeito de Diferentes Fontes de Agrosilício e de Lâminas de Água Sobre Algumas Características Produtivas da *Urochloa brizantha* Cv. Marandu ..... 321
Efeito de Fertilizantes à Base de Escórias de Siderurgia sobre a Tolerância do Capim Braquiária Submetida a Estresse Hídrico ..... 326
Efeito de Insumos Foliares nos Parâmetros de Produtividade da Cultura da Soja (*Glycine max*) ..... 331
Efeitos da Aplicação de Calcário e Potássio no Estado Nutricional e Produção de Videiras *Chardonnay* ..... 335
Eficiência agronômica da cama de aves na produção de matéria seca e proteína bruta de Tifton 85 ..... 340
Eficiência Agronômica de Fertilizante Organomineral à Base de Cama Aviária ..... 345
Eficiência da Associação de Remineralizador do Solo com Fertilizantes na Produtividade de Massa Seca da Forrageira Jiggs ..... 350
Eficiência de Uso do Nitrogênio na Sucessão Milho/Trigo em Estratégias de Uso dos Dejetos de Suínos para Mitigar as Emissões de Óxido Nitroso ..... 355
Escarificação anual e plantas de cobertura na produção de milho silagem: impactos de curto prazo na acidez do solo ..... 360
Espécies Químicas de Alumínio na Solução de um Argissolo Submetido a Aplicações de Dejetos Líquidos de Suínos ..... 365
Exportação de macronutrientes em milho para silagem: existe influência da escarificação do solo e das plantas hibernais de cobertura? ..... 369
Fertilizantes fosfatados com tecnologia de liberação na cultura da soja sob latossolo vermelho argiloso distrófico ..... 374
Fonte e dose de adubos fosfatados no cultivo do trigo ..... 378
Fontes Alternativas de Nitrogênio e Plantas de Cobertura na Cultura do Trigo ..... 382
Fontes de Fosfato Derivadas de Lodo de Esgoto – Potencial Agronômico ..... 386
Fontes e doses de N afetam o estoque e a lixiviação de N inorgânico em um solo arenoso cultivado com algodão ..... 391
Frações de Fósforo no Solo em Sistema Integrado de Produção Agropecuária Tratado com Diferentes Fosfatos ..... 395
Frações de Zn em solos de vinhedos com diferentes tempos de condução Serra Gaúcha ..... 400

Influência da adubação sem micronutrientes no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) ..... 405
Influência de Aplicações de Fósforo em Pomar de Macieira na Disponibilidade de Nutrientes ..... 409
Influência do DLS nos aspectos morfológicos de mudas de ***Eucalyptus grandis*** ..... 414
Massa Seca e Teor de Nitrogênio em Plantas de Rúcula Submetidas à Adubação Nitrogenada ..... 419
Mecanismo de proteção contra estresse hidrícopor ação de ácido húmico de vermicomposto em plantas de arroz ..... 424
Nitrogênio Mineral no Solo aos Quinze Dias Após a Aplicação da Adubação Nitrogenada na Cultura do Feijoeiro em Sistema de ILP ..... 429
Níveis de matéria orgânica e disponibilidade de fósforo em áreas cultivadas em sucessão e rotação com arroz irrigado no RS ..... 434
O nocaute gênico do fator de transcrição ***OsDof26*** prejudica a produção biomassa e caracteres agronômicos em arroz ..... 439
Produtividade da Beterraba a Doses de Fósforo em Latossolo com Alto Teor do Nutriente ..... 443
Produtividade e Atributos Químicos do Solo com Uso de Gesso Agrícola Associado às Doses de Calcário em Plantio Direto ..... 447
Proposição de níveis críticos de nutrientes através da metodologia CND em folhas de pessegueiros ..... 452
Resposta de variedades de cana-de-açúcar à adubação fosfatada e a inoculação de ***Azospirillum brasilense*** ..... 456
Respostas das Lavouras de Cultivar IRGA 431 CL à Adubação Potássica na Safra 2019/20 ..... 461
Sobrevivência Inicial de Erva-Mate sob Adubação Nitrogenada no Extremo Sul do Paraná ..... 465
Teores de Nitrato, Potássio e Condutividade Elétrica na Solução do Substrato e Solo e em Folhas de Tomate Cultivado em Ambiente Protegido ..... 470
Uso de Surfactante na Aplicação Foliar de Substâncias Húmicas em Arroz ..... 475
Variabilidade Espaço-Temporal da Demanda por Calcário e suas Relações com os Atributos do Terreno ..... 479
Volatilização de Amônia de Diferentes Fontes de Nitrogênio e Inibidor de Urease em Pastagem de Azevém ..... 484
Volatilização de $NH_3$ e rendimento do milho com aplicação de ureia com inibidor de urease e de nitrificação ..... 489
Zinco Disponível Extraído por Diferentes Métodos em Solo Arenoso Submetido a Aplicações Sucessivas de Dejetos de Animais por Doze Anos ..... 494

**Seção 4 – Física do solo** ..... 499
Atributos físicos do solo em área com diferentes forrageiras (***Panicum e Brachiaria***) no Cerrado ..... 500
Avaliação da qualidade estrutural do solo por método visual (VESS) e sua relação com atributos físicos de um Latossolo Vermelho ..... 505

Compactação induzida pelo tráfegode um feller na colheita florestal de eucalipto ..... 510
Condutividade Hidráulica do Solo Saturado em Sistemas Integrados de Produção na Serra Gaúcha - RS ..... 515
Curvas de retenção e dinâmica da água em substratos agrícolas ..... 520
Disponibilidade de água e atributos físicos do solo em sistemas de manejo para a cultura da canola ..... 524
Impactos da colheita de milho para silagem sobre atributos físicos do solo ..... 529
Levantamento e análise de propriedades físico-hídricas de substratos de horta ..... 534
Modos de Aplicação de Calcário Influenciando a Porosidade Total e a Densidade do Solo em Cambissolo Háplico Alumínico ..... 538
Organização do Sistema Poroso de um Argissolo Vermelho sob Tráfego Agrícola Controlado(1) ..... 541
Resistência de um Cambissolo à Penetração Submetido à Diferentes Cargas e Teores de Água ..... 545
Resistência do Solo à Penetração em Sistemas Integrados de Produção na Serra Gaúcha - RS(1) ..... 550
Sensibilidade do modelo CROPGRO para relacionar produtividade da soja com compactação do solo ..... 555
Variabilidade e Correlação Espaço-Temporal da Estrutura do Solo com a Produtividade da Soja, numa Catena do Pampa. ..... 560
Variabilidade Espaço-Temporal da Estrutura do Solo, Pós-Inserção da Cultura da Soja, Numa Catena do Pampa – V anos de monitoramento ..... 564

**Seção 5 – Gênese, morfologia e classificação do solo** ..... 569
Análise Espacial da Textura dos Solos do Vale dos Vinhedos, RS ..... 570
Avaliação do Grau de Subsidência em Horizontes Hísticos de Organossolos no Rio de Janeiro ..... 575
Caracterização da Mineralogia do Solo por Espectroscopia de Refletância em Região Subtropical ..... 580
Caracterização de Solos com Elevado Conteúdo de Matéria Orgânica em Área Agrícola no Município do Rio de Janeiro ..... 585
Caracterização de solos das regiões sudoeste do estado do Amazonas e sudeste do estado do Acre ..... 590
Gênese e classificação de solos ao longo da planície aluvial do Arroio Dilúvio em Porto Alegre – RS ..... 594
Levantamento dos Solos Aplicado à Geotecnia por meio da Cartografia: Estudo de Caso no Município de Brusque (SC) ..... 599
Levantamento Pedológico Detalhado da Bacia do Arroio Sepultura, Caxias do Sul-RS ..... 604
Morfologia e Classificação dos Solos da Rota das Salamarias ..... 609
Predição de Atributos do Solo por Susceptibilidade Magnética em Diferentes Litologias do Rio Grande do Sul ..... 614

**Seção 6 – Manejo e consrvação do solo e da água** ..... 619
A conversão dos campos do Pampa para silvicultura pode alterar os estoques de carbono do solo? ..... 620
Acúmulo de massa seca e nitrogênio do trevo persa dessecado em diferentes épocas pré-cultivo do arroz irrigado ..... 625
Análise hidrossedimentológica e das perdas de nutrientes de um evento de chuva em duas bacias hidrográficas ..... 630
Atributos da qualidade do solo e *Urochloa* spp. – Um estudo bibliométrico ..... 635
Atributos do Solo em Sistemas Integrados de Produção - Uma Revisão Integrativa ..... 640
Atributos do solo, biomassa radicular e sua sazonalidade em uma biossequência vegetativa (cerrado-cerradão-floresta) em Humaitá, Amazonas ..... 646
Atributos físicos do solo em cultivo de alface sob diferentes sistemas de preparo e manejo do solo ..... 651
Atributos físicos do solo em sistema de cultivo reduzido e convencional de alho ..... 656
Atributos Químicos e Físicos do Solo de Bananais em Cultivo Orgânico Agroflorestal e Convencional no Sul do Brasil ..... 661
Avaliação da resistência do solo à penetração em sistemas consorciados em segunda safra ..... 666
Avaliação da Variabilidade Espaço-temporal da Qualidade Estrutural do Solo, utilizando o DRES e a Geoestatística ..... 671
Avaliação dos Agregados do Solo Sob Diferentes Manejos no Município de Guaíra-PR ..... 676
Carbono orgânico e fertilidade do solo em agregados biogênicos e fisiogênicos em áreas de cultivo, Guaíra (PR) ..... 680
Carbono Total e Frações Físicas da Matéria Orgânica como Indicadores de Qualidade do Solo no Município de Guaíra, Paraná ..... 684
Curva de Retenção de Água de um Cambissolo Háplico Alumínico em Função de Diferentes Métodos de Incorporação e Doses de Calcário ..... 689
Dinâmica Pluvi-Fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã no Oeste do Rio Grande do Sul ..... 694
Duração da escarificação durante o ciclo da cultura da soja e sua influência sobre a produtividade em um Planossolo ..... 699
Emissões de Metano de Cultivares de Arroz em Cultivo Irrigado por Inundação do Solo ..... 704
Estimativa de tolerância de perdas de solos localizados na porção leste do escudo sul rio-grandense ..... 709
Estoque de Carbono e Nitrogênio em Solos sob Diferentes Manejos com Plantas de Cobertura ..... 713
Estoque de Carbono Orgânico e Nitrogênio Total em Solos Hidromórficos sob Sistema de Produção de Arroz de Base Ecológica ..... 718

Fertilidade de um Solo Arenoso Afetada pelo Sistema de Preparo do Solo ..... 723
Fluxos de $CH_4$ e $N_2O$ de Planossolo Cultivado com Arroz Irrigado: Efeito de Rotação de Culturas e Preparo do Solo ..... 727
Frações Leves da Matéria Orgânica do Solo no Oeste do Paraná como indicadores de qualidade do solo ..... 732
Índices de Erosividade e a Perda de Solo na região da Depressão Central no RS ..... 737
Influência de Diferentes Usos do Solo no Deflúvio de Pequenas Bacias Hidrográficas ..... 743
Matéria Orgânica do Solo Como Indicador de Qualidade do Solo em Bacia Hidrográfica Rural ..... 748
Matéria Orgânica do Solo Sob Vegetação de Cerrado na Bacia Sedimentar do Araripe, Ceará ..... 752
Mineraçização de nitrogênio no solo pela adição de plantas de hibernais de cobertura em plantio direto ..... 756
Modelos multivariados e técnicas de pré-processamento espectral para estimativa da contribuição de fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola ..... 761
Potencial de aquecimento global parcial de sistemas de preparo do solo no cultivo de arroz irrigado e soja em terras baixas ..... 767
Produção de Alho em Sistema de Manejo Reduzido e Convencional do Solo ..... 772
Qualidade biológica de tecnologias de preparo de solo para o sistema milho-silagem ..... 776
Síntese das Estimativas de Estoques de Carbono Orgânico do Solo na Região Central do Planalto do Rio Grande do Sul ..... 781
Transferências de Nitrogênio, Fósforo e Potássio por Escoamento Superficial Durante Eventos de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé ..... 786
Uso do SPAD para monitoramento da atividade fotossintética de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a Estresse Hídrico ..... 792

**Seção 7 – Química e mineralogia do solo** ..... 797
Alterações De Silício No Solo Por Cultivos Anuais ..... 798
Avaliação da influência da temperatura de pirólise nas características estruturais de biochars produzidos a partir de resíduos de eucalipto ..... 803
Avaliação química, mineralógica e granulométrica de calcários comerciais do Rio Grande do Sul ..... 808
Características Químicas de Solo em Função de Doses de Resíduo da Indústria Farmacêutica ..... 813
Composição de Biocarvão produzido a partir de Cascas de Cupuaçu submetidas a diferentes Temperaturas ..... 818
Concentrações de Elementos Traços em Perfis de Solo Originados de Granitos em Uma Climossequência de Pernambuco ..... 823
Determinação dos Teores de Fósforo por Diferentes Métodos em Organossolos no Rio de Janeiro ..... 828
Espectroscopia no UV-Vis de Ácidos Fúlvicos de Horizontes Superficiais

e Subsuperficiais de Diferentes Solos. ..... 833
Estimativa do teor de carbono em solo e sedimento por espectroscopia de refletância difusa combinando métodos de pré-processamento com calibração multivariada ..... 837
Estimativa dos teores de cobre e zinco em solo e em sedimento por espectroscopia de refletância difusa combinando métodos de pré-processamento com calibração multivariada ..... 842
Estoques de Carbono e Nitrogênio no município de Braço do Norte/SC em vista a iniciativa 4‰ ..... 847
Estoques de carbono em Diferentes Posições do Relevo em Urucu, Amazônia Central Brasileira ..... 852
Fatores de Transferência de Cobre do Solo para Plantas de Couve Manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Cultivadas em Áreas de Produção Intensiva ..... 857
Formas de Potássio no Solo em um Sistema Integrado de Produção Soja-Ovinos de Corte ..... 862
Fracionamento de Cu em solos de vinhedos com diferentes tempos de condução, em Bento Goncalves, RS ..... 867
Frações de Cobre em Áreas de Vinhedos com Diferentes Históricos de Cultivo na Campanha Gaúcha ..... 872
Geoquímica de elementos maiores em solos derivados de granitos contrastantes ao longo de um gradiente ambiental ..... 877
Geoquímica de Fósforo em Solo de Pradaria Marinha no RS – Brasil ..... 881
Sistemas de Preparo do Solo e Fontes de Nitrogênio afetam a Disponibilidade de Nitrogênio no Solo e a Produtividade do Algodoeiro ..... 885
Teores de Cobre Disponível Avaliados por Diferentes Métodos de Extração em Argissolo Submetido Aplicações Sucessivas de Dejetos de Animais ..... 889
Teores de Cobre, Fósforo e Potássio em Solos de Vinhedos ..... 894
Uso de Dejeto Suíno em Plantio Clonal de Eucalipto: Mobilidade de Cobre e Zinco no Solo ..... 898
Utilização de resíduo da indústria farmacêutica como fertilizante na cultura da soja ..... 903

# Apresentação

O Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) realizou a XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, nos dias 26 e 27 de novembro de 2020. Pela primeira vez na história, a Reunião ocorreu de forma virtual, visando atender às medidas de prevenção e distanciamento social ocasionadas pela pandemia do COVID-19. A cidade-sede oficial da Reunião e de onde se deu toda a base de transmissão via internet do evento foi Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul.

O tema principal da Reunião foi "CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE".

O tema está fundamentado na premissa de que o manejo do solo é prática essencial para a sustentabilidade econômica, social e ambiental do meio rural e do meio urbano, uma vez que o solo é agente integrador desses ambientes. Neste sentido, o tema ressalta a importância de conservar e manejar o solo de forma adequada, recurso natural, finito e essencial à vida no planeta. Não raro, tal importância é lembrada com maior frequência no meio rural pelas altas perdas de solo (*on-site*) especialmente em condições de eventos de chuva extremos devido o processo erosivo. No entanto, sabe-se que tal processo irá impactar também os corpos hídricos (*off-site*), os quais sofrem com o aporte de sedimentos, comprometendo a quantidade e a qualidade da água disponível para todos os seres vivos. Isso inclui todas as pessoas da sociedade, seja do campo ou da cidade, e estudar o solo nos revela isso, a todo momento.

Ao longo de sua história, os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul se preocuparam com a conservação e melhorias do ambiente produtivo, sendo marcada pela presença de grandes profissionais e pesquisadores em diferentes áreas da Ciência do Solo. O evento se apresenta como um momento de integração para discussão dessa temática para os profissionais buscando fomentar a ciência, tecnologia e inovação.

A XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo contou com apresentação de trabalhos científicos na forma oral (gravada), conferências e painéis, reuniões das sessões técnicas da SBCS e assembleia geral, envolvendo pesquisadores, professores, estudantes de graduação e pós-graduação, agentes da assistência técnica pública e privada, bem como produtores rurais.

Comissão Organizadora da XIII RSBCS

Seção 1

# Biologia e bioquímica do solo



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# A Influência de Diferentes Sistemas Agrícolas na Atividade Microbiana do Solo

Klever de Sousa Calixto[1]; Joyce das Neves Cruz[2]; Karine dos Santos de Santana[3]; Alberto do Nascimento Silva[4]

[1] Pesquisador de Iniciação Científica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Avenida Ruy Barbosa, número 1724, Barreiras-BA, 47806-141, klever_sc@hotmail.com; [2] Pesquisadora de Iniciação Científica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Rua Barão de Barão De Grajáu, número 80, Barreiras-BA, 47800-000, joycedasneves@hotmail.com; [3] Estudante de Engenharia Agrônomica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Rua 2 de Julho, número 30, Barreiras-BA, 47810-844, karine_santos4@hotmail.com; [4] Professor da Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Rua Marechal Hermes, número 508, Barreiras-BA, 47806-008, albertosilvaagro@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

A Região Oeste da Bahia caracteriza-se por ser uma área do Cerrado com utilização intensa na produção de grãos e atividade pecuarista. No entanto, observa-se que o manejo inadequado e uso intensivo do solo pode ocasionar um estado de desagregação muitas vezes irreversível de recuperação no mesmo. Dessa forma, o monitoramento das propriedades dos solos manejados se tornam importantes para a avaliação da sustentabilidade das práticas agrícolas (FIALHO, 2006).

Os indicadores biológicos do solo são muito sensíveis às alterações na qualidade do mesmo, pois possuem a capacidade de dar respostas muito rápidas a mudanças no solo, característica que nem sempre é observada nos indicadores químicos ou físicos, por exemplo. Em alguns casos, alterações na população microbiana podem preceder em mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo na melhoria ou na degradação do solo como um todo (ARAÚJO et al., 2007).

A respiração basal do solo, avaliada atráves da liberação de $CO_2$, é a principal medida para avaliar a atividade microbiana do solo (ALEF, 1995), sendo a quantidade de $CO_2$ liberado indicativo do carbono lábil ou prontamente disponível do solo (DORAN & PARKIN, 1994). Dessa forma, a respiração do solo é um atributo usado para monitorar a decomposição da matéria orgânica, se tornando um importante indicador da atividade microbiano do solo (ANDERSON & DOMSCH, 1990).

Verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da biomassa microbiana podem fornecer subsídios para o planejamento correto do manejo do solo. Com isto, objetivou-se nesse estudo verificar a taxa de respiração basal em cinco diferentes sistemas de manejo em áreas localizadas na Região Oeste da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Caracterização das áreas de estudo*

Foram utilizadas cinco amostras de solos todos coletadas na Região Oeste da Bahia, classificados como: Neossolo Quartzarênico com idade de 9 anos no qual foram selecionados talhões cultivados com eucalipto/pastagem (SAF); um Neossolo Flúvico com idade de 3 anos com o sistema de

pastagem para ovinos (PAST) irrigada com água proveniente da psicultura; um Latossolo Vermelho-Amarelo com sistema de plantio convencional (PC) (também com idade de 3 anos) sendo que no segundo ano realizou-se o plantio de sorgo, e no terceiro ano foi realizado o plantio com o feijão caupi (*Vigna unguiculata*), e na mesma fazenda, citada acima, também realizou-se o estudo em uma área de cerrado nativo (CN), e em outra área, mas também em um Latossolo Vermelho Amarelo coletou-se amostras em um plantio de soja onde não houve revolvimento do solo e a cultura foi plantada sob os restos vegetais do algodão (cultura anterior) (PD).

*Amostragem do solo*

Em cada área analisada, coletou-se as amostras deformadas com o auxílio de um trado para análise da respiração basal do solo (RBS), umidade atual (UA), e carbono da biomossa microbiana (COT). Os perfis foram abertos em quatro pontos nas seguintes profundidades: 0 – 0,10; 0,10 – 0,20 m. Para a determinação da UA, a amostra de solo foi transportada até o laboratório em uma embalagem vedada e impermeável (EMBRAPA, 2017).

*Preparo do solo*

Os solos foram peneirados em uma malha de 2 mm, seguindo a metodologia da EMBRAPA (2017). Em seguida as mesmas foram guardadas em sacos plásticos e refrigeradas até o momento do seu uso.

*Umidade atual do solo*

Para a determinação da umidade atual, as amostras de solo foram colocadas em recipientes de alumínio devidamente identificados e com pesos conhecido. Em seguida, pesaram e a transferiram para a estufa com uma temperatura de 105º por um período de 24 horas.

*Determinação da Respiração Basal do Solo Incubação*

A respiração basal do solo foi estimada através do processo incubação onde as amostras de solo foram mantidas em vidros hermeticamente fechados contendo béqueres com 10 mL de KOH (0,3 mol/L) que capturou o C produzido pela respiração. Após realizar esse procedimento de preparo para incubação das amostras, as mesmas foram mantidas em local isento de luminosidade durante um período de 72 horas (3 dias).

*Quantificação do CO2 respirado*

Após o processo de incubação, foi adicionado com cuidado para que os frascos de vidro não fossem totalmente abertos 3 ml de BaCl2 (20%) para que houvesse a completa precipitação do CO2 seguindo de um imediato fechamento do frasco com solução precipitada. No processo de titulação, foram adicionados gotas de fenolftaleína (1%) sob agitação magnética com solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,1 M.

*Determinação do carbono orgânico total*

O carbono orgânico total foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio em meio sulfúrico (Embrapa, 2017).

*Análise estatística*

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco sistemas de manejo e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

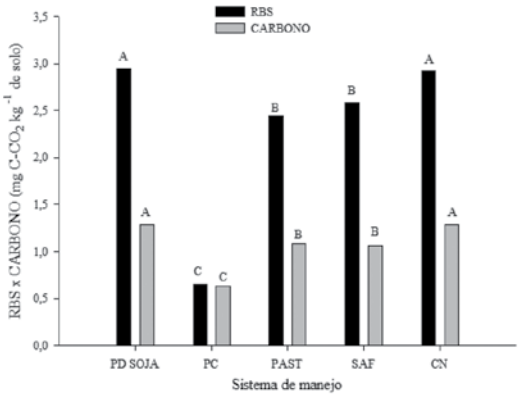
Na Figura 1 abaixo encontram-se os resultados da RBS e do COT nas camadas de 0-20 cm dos cinco diferentes usos dos solos estudados. Foi observada diferença significativa tanto para

o indicador de qualidade de solo RBS, quanto para COT, nos tratamentos analisados. As diferentes formas de manejos dos solos promoveram variações na respiração dos mesmos, fato que torna esta característica sensível aos efeitos de alterações no solo.

Bolota (1998) em seu estudo, verificou-se que a maior liberação de $CO_2$ observada em parcelas de PD e CN, comparadas ao PC, é devida à maior atividade biológica que, por sua vez, está relacionada diretamente com o C do solo e, ou, da biomassa microbiana.

No PD, esse aumento no valor correspondente à RBS foi relacionado ao tipo de manejo, a presença palhada promoveu a estimulação da microbiota, tendo em vista o acúmulo de material orgânico, que fornece maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana (BARBIERI, 2019). Já quanto ao CN, os maiores valores de RBS e COT podem estar relacionados em função de não sofrer influência das culturas e maquinário. Para Kunde (2016), a maior liberação de $CO_2$ nos solos em condições naturais (sem ação antrópica) pode ser em função da constante incorporação de resíduos, com acúmulo de MO em frações lábeis, promovendo uma alta atividade biológica sobre esse material, liberando, assim, $CO_2$.

**Figura 1:** RBS e carbono orgânico em cinco diferentes usos do solo localizados na Região Oeste da Bahia




## CONCLUSÕES

A taxa de RBS, assim como o COT para PD e CN foram superiores quando comparadas aos outros usos do solo, sendo o manejo um fator determinante para a qualidade do solo.

**AGRADECIMENTOS:** À UNEB.

## REFERÊNCIAS

ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.). **Methods in soil microbiology and biochemistry**. New York: Academic, 1995. p. 464-470.

ANDERSON, J. M.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 22, p. 251-255, 1990.

BALOTA, Elcio Liborio et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.

BARBIERI, Mirian et al. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 121-130, 2019.

BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 3-21.

DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D. Respiração microbiana. **Embrapa Semiárido-**

**Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2016.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.;

EMBRAPA - CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. BRASILIA: EMBRAPA-SPI; RIO DE

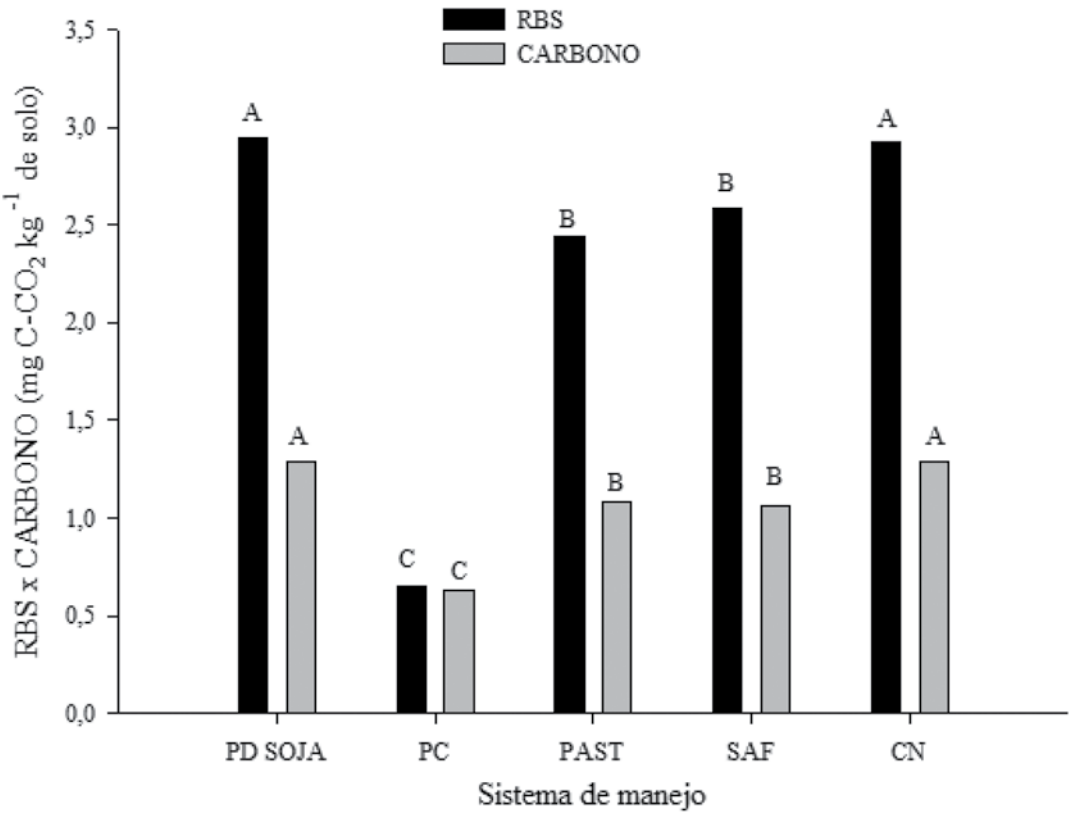
JANEIRO: EMBRAPA-SOLOS, 2006. 306 P.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 3.ed. revista. Rio de Janeiro.

FIALHO, Jamili Silva et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 250-257, 2006.

KUNDE, Roberta Jeske et al. Carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma pampa. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 272-285, 2016

**Figura 1:** RBS e carbono orgânico em cinco diferentes usos do solo localizados na Região Oeste da Bahia.



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Alterações na Comunidade Microbiana do Solo Promovidas pelo Pastejo, Estratégia de Fertilização e Calagem em um Sistema Integrado de Produção

Lucas Aquino Alves[1]; Luiz Gustavo de Oliveira Denardin[1]; Carlos B. Pires[2]; João Pedro Moro Flores[1]; Charles W. Rice[3]; Tales Tiecher[4]

[1]Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Av. Bento Gonçalves, 7712, Bairro Agronomia, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil; E-mail: lucas.aquino@ufrgs.br ; [2]Doutorando em Agronomia; Kansas State University; [3]Professor distinto do Departamento de Agronomia; Kansas State University; [4]Professor de Química do Solo do Departamento de Solos; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## INTRODUÇÃO

Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são definidos como sistemas onde há a rotação ou alternância temporária entre a produção de grãos e pastagens para a alimentação animal (MORAES et al., 2014). Os SIPA são reconhecidos pelas suas contribuições para a melhoria na produção agrícola, uma vez que podem intensificar de forma sustentável a produção de alimentos, além de promover melhorias na qualidade do solo (FRANZLUEBBERS, 2007). Essas melhorias na qualidade do solo, devem-se principalmente a capacidade desses sistemas em aportar carbono (C) ao solo (LUZ et al., 2019).

Em SIPA, os compostos orgânicos exsudados pelas plantas de cobertura e a entrada de dejetos animais aumentam a atividade microbiana do solo (BUSTAMENTE et al., 2011). O pastejo causa distúrbios no solo e influencia a quantidade e a composição do C orgânico do solo (COS), causando alterações na estrutura da comunidade microbiana (SANDHU et al., 2019). A comunidade microbiana do solo influencia a funcionalidade do solo através do seu papel na ciclagem de nutrientes, mineralização do C, e estabilização do COS (SEKARAN et al., 2019).

Além do animal em pastejo, outros manejos podem impactar a comunidade microbiana do solo, como é o caso da calagem. O pH do solo é um factor crítico para a comunidade microbiana do solo (WU et al., 2017), e a aplicação de calcário visando a correção da acidez do solo aumenta a biomassa microbiana do solo, principalmente mediada por fungos e actinomicetos (XUE et al., 2020). Embora estudos venham demonstrando a influência da calagem na biologia do solo, os seus efeitos na comunidade microbiana do solo ainda são pouco estudados em SIPA, principalmente em ambiente subtropical.

Recentemente, surgiram novas linhas de pesquisa com a evolução dos estudos e da adoção dos SIPA por produtores rurais, especialmente no que diz respeito às estratégias de fertilização de adubação de sistema com fósforo (P) e potássio (K). Este novo conceito é caracterizado pela antecipação da fertilização de P e K para a fase de pastagem em SIPA em vez de ser aplicado na semeadura da soja ("adubação tradicional"). A antecipação da aplicação dos fertilizantes a base de P e K para a fase de pastagem promove uma maior produção de forragem, sem diminuir a produtividade da cultura da soja (FARIAS et al.,

2020). Assim, o maior aporte de resíduos da pastagem em função da adubação do sistema, pode aumentar o aporte de C e favorecer a biomassa microbiana do solo.

Os objetivos do estudo foram investigar o efeito: 1) do pastejo ovino, 2) da correção da acidez do solo pela calagem, 3) da estratégia de fertilização com P e K, na comunidade microbiana do solo em um SIPA com soja e ovinos de corte.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área e condução experimental

O ensaio de campo utilizado teve início em abril de 2017. A área experimental está localizada na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil (30°05'S, 51°39'0, 46 m acima do nível do mar). O clima é subtropical húmido (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A precipitação média anual varia de 1200 e 2000 mm, com uma temperatura média anual de 19 °C.

O solo é classificado como Plintossolo Argilúvico distrófico típico (SANTOS et al., 2018). Na implantação do experimento, a camada de 0–10 cm apresentava teor de matéria orgânica de 28,9 g $kg^{-1}$; pH em água de 3,9; alumínio, cálcio e magnésio trocáveis (KCl 1,0 mol L-1) de 1,6, 1,1 e 0.5 cmolc dm-3, respectivamente; fósforo e potássio disponíveis (Mehlich 1) de 94 e 97 mg dm-3, respectivamente; saturação por bases e por alumínio de 48 e 15, respectivamente. A distribuição do tamanho de partícula foi de 134, 239 e 627 g kg-1 de argila, silte e areia, respectivamente.

O desenho experimental foi de blocos aleatórios, com quatro repetições, em um sistema fatorial 2 × 2 com parcelas subdivididas. O primeiro fator foi o efeito do pastejo animal: (i) sem pastejo e (ii) com pastejo de ovinos (SIPA). O segundo fator foram duas estratégias de fertilização com P e K: (i) aplicados na semeadura da cultura da soja (adubação tradicional) e na implantação da pastagem de azevém (adubação de sistema). A parcela subdividida foi o efeito da correção da acidez do solo: (i) sem e (ii) com calagem.

Para a correção da acidez foi utilizado 7,5 Mg de calcário dolomítico, com PRNT = 72%, a fim de elevar o pH do solo a 6,0 (CQFS-RS/SC, 2016).

### Determinação da composição microbiana do solo

Foram coletadas amostras de solo em janeiro de 2019, em duas camadas, 0–5 e 10–15 cm, representando uma camada superficial e uma subsuperficial, respectivamente. As amostras coletadas foram acondicionas em caixas de isopor com gelo para manutenção das condições originais. Logo, foram encaminhadas ao laboratório, onde foram liofilizadas e encaminhadas para a análise da composição da comunidade microbiana.

A composição da comunidade microbiana do solo foi determinada pela técnica PLFA ("Phospholipids Fatty Acid", análise de ácidos graxos fosfolipídios), com modificações no procedimento original, descrito por White & Ringelberg (1998). Os lipídios foram extraídos em uma única fase, com uma solução tampão clorofórmio:metanol:fosfato (BLIGH & DYER, 1959) durante 2 h, a partir de 5 g de solo liofilizado e separados em lipídios neutros, lipídios polares e glicolipídios (J. T. Baker, Phillipsburg, NJ, EUA). Os fosfolipídios foram então analisados pelo espectrômetro de massa usando-se o gás He como transportador. Os picos de metilados em metil ésteres de ácidos graxos (FAME) foram reconhecidos por diferentes tempos de retenção em comparação com a mistura de metil ésteres bacterianos (BAME; Matreya 1114; Matreya LLC).

Padrões internos de FAME 19:0 foram usados para determinar as concentrações.

Um total de 30 biomarcadores foram identificados para todas as amostras. Os grupos microbianos foram separados com base nas características dos biomarcadores: iso e ante-iso ramificados, geralmente pertencentes a bactérias gram +; os lipídios monosaturados e ciclopropílicos, pertencentes a bactérias gram -; as actinobactérias possuindo mais ácidos graxos ramificados com metil, e o linoleato metil, normalmente pertencente aos fungos. A abundância de ácidos graxos fosfolipídicos foi expresso em nmol por grama de solo seco (nmol PLFA g-1 solo). As bactérias totais foram a soma de bactérias gram +, bactérias gram - e actinomicetos. Os fungos totais foram a soma dos fungos e fungos arbusculares micorrízicos. A biomassa microbiana foi a soma de todos os biomarcadores de PLFA.

### Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o software R Studio e os resultados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homogeneidade das variações pelo teste de Levene, ambos a um nível de significância de 5%. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a um nível de significância de 5%. Quando significativa, a diferença entre as médias dos tratamentos foi avaliada pelo teste de Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade microbiana do solo foi alterada principalmente em função da calagem (**Figura 1**), na camada superficial de 0–5 cm. Observou-se que a calagem diminuiu a biomassa microbiana (45,5 para 33,2 nmol PLFA $g^{-1}$ solo; -27%) (**Figura 1A**), de bactérias totais (20,7 para 14,6 nmol PLFA $g^{-1}$ solo; -30%) (**Figura 1B**), bactérias gram + (14,7 para 10,4 nmol PLFA $g^{-1}$ solo; -29%) (**Figura 1C**) e actinomicetos (2,4 para 1,9 nmol PLFA $g^{-1}$ solo; -21%) (**Figura 1D**). Embora estudos demostrem que a calagem pode ter efeito positivo sobre a comunidade microbiana (XUE et al., 2020), estudos como o de Pawlett et al. (2009) demostraram que a calagem pode reduzir a comunidade de bactérias gram +, corroborando com os dados observados nesse estudo. Já Cruz-Paredes et al. (2017) observaram que doses de calcário acima de 2 Mg $ha^{-1}$ podem afetar diferentemente as espécies de microorganismos, beneficiando a população de bactérias e reduzindo a população fúngica.

Além do efeito da calagem, o pastejo ovino, caracterizado pelo SIPA, teve efeito positivo sobre a população dos fungos saprofíticos na camada subsuperficial do solo (**Figura 2**). O aumento de fungos saprofíticos foi de 50% no tratamento com SIPA, em relação ao tratamento sem pastejo. Como fungos saprofíticos utilizam material morto, ou exsudatos radiculares como fonte de C, o maior crescimento radicular imposto pelo pastejo (LÓPEZ-MÁRSICO et al., 2015), pode fornecer um ambiente mais adequado e com maior fonte de C para o desenvolvimento desses fungos .

Esse aumento na população de fungos em subsuperfície pode ter um papel importante no acúmulo de COS, visto que os resíduos de fungos têm um papel importante na estabilização do C (VELOSO et al., 2020).

A estratégia de fertilização não demonstrou efeitos sobre a comunidade microbiana do solo no curto prazo.

## CONCLUSÕES

A calagem afetou a comunidade microbiana do solo, diminuindo a biomassa microbiana, bactérias totais, bactérias gram + e actinomicetos na camada de 0–5 cm.

O pastejo ovino aumentou a biomassa de fungos saprofíticos na camada de 10–15 cm.

A estratégia de fertilização com P e K, seja ela tradicional ou de sistema, não altera a comunidade microbiana do solo.

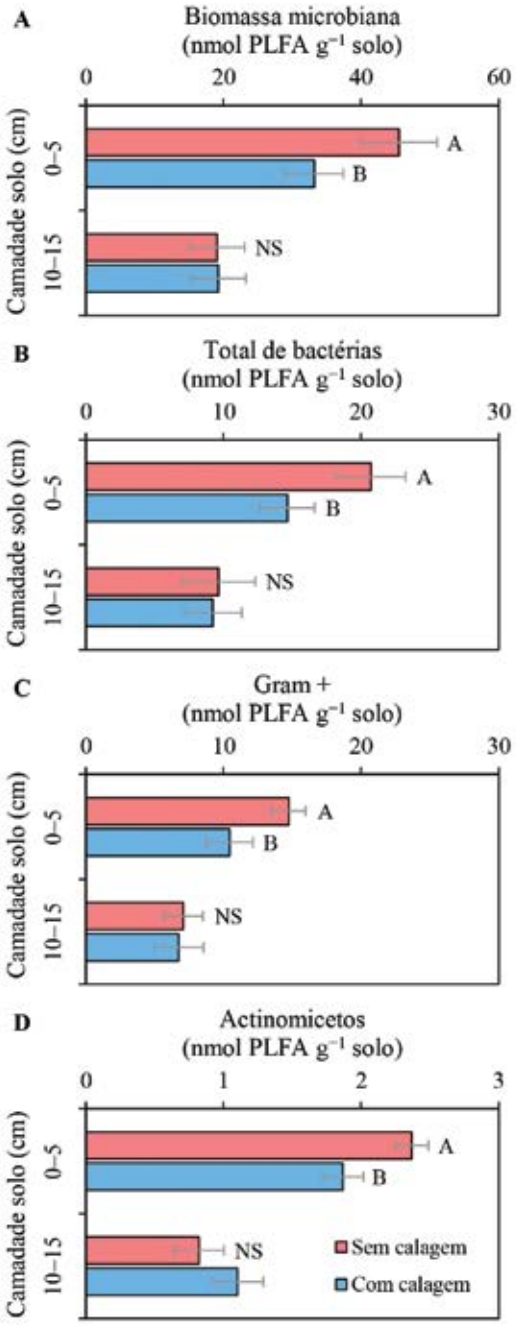



Figura 1. Biomassa microbiana (A), total de bactérias (B), bactérias gram+ (C) e actinomicetos (D) em função da aplicação ou não de calcário em um experimento sob sistema integrado de produção agropecuária com soja e ovinos de corte. Letras diferentes diferenciam os tratamentos dentro de cada camada pelo teste de Tukey a 5% de significância. NS = não significativo.

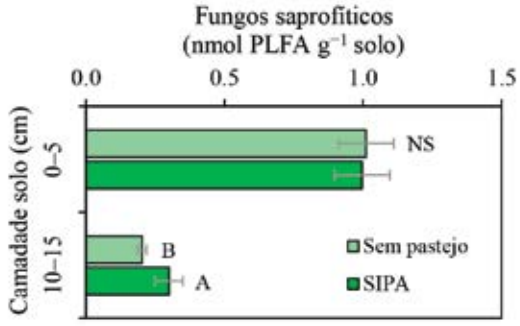



Figura 2. Fungos saprofíticos no solo em função do pastejo (SIPA) ou não em um experimento sob sistema integrado de produção agropecuária com soja e ovinos de corte. Letras diferentes diferenciam os tratamentos dentro de cada camada pelo teste de Tukey a 5% de significância. NS = não significativo.

## REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol Z. 2013:22(6):711-728.

Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol. 1959:37(8):911-917.

Bustamante MA, Said-Pullicino D, Agulló E, Andreu J, Paredes C, Moral R. Application of winery and distillery waste composts to a Jumilla (SE Spain) vineyard: Effects on the characteristics of a calcareous sandy-loam soil. Agric Ecosyst Environ. 2011:140(1-2):80-87.

CQFS-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul; 2016. 376 p.

Cruz-Paredes C, Wallander H, Kjøller R, Rousk J. Using community trait-distributions to assign microbial responses to pH changes and Cd in

forest soils treated with wood ash. Soil Biol Biochem. 2017:112:153-164.

Farias GD, Dubeux JCB, Savian JV, Duarte LP, Martins AP, Tiecher T, Alves LA, Carvalho PFC, Bremm C. The role of integrated crop-livestock system and fertilization strategies for food production. Agron Sustain Dev (Accept). 2020.

Franzluebbers AJ. Integrated crop–livestock systems in the southeastern USA. Agron J. 2007:99(2): 361-372.

López-Mársico L, Altesor A, Oyarzabal M, Baldassini P, Paruelo JM. Grazing increases belowground biomass and net primary production in a temperate grassland. Plant Soil, 2015:392(1-2):155-162.

Luz FB, Silva VR, Mallmann FJK, Pires CAB, Debiasi H, Franchini JC, Cherubin MR. Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in southern Brazil. Agr Ecosyst Environ. 2019:281:100-110.

Moraes A, Carvalho PCF, Anghinoni I, Lustosa SBC, Costa SEVGA, Kunrath TR. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. Eur J Agron. 2014:57:4–9.

Pawlett M, Hopkins DW, Moffett BF, Harris JA. The effect of earthworms and liming on soil microbial communities. Biol Fertility Soils. 2009:45(4):361-369.

Sandhu S, Sekaran U, Ozlu E, Hoilett NO, Kumar S. Short-term impacts of biochar and manure application on soil labile carbon fractions, enzyme activity, and microbial community structure. Biochar. 2019:1(3):271-282.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JÁ, Araujo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Embrapa – Brasília, DF; 2018. 356 p.

Sekaran U, McCoy C, Kumar S, Subramanian S. Soil microbial community structure and enzymatic activity responses to nitrogen management and landscape positions in switchgrass (*Panicum virgatum* L.). Gcb Bioenergy. 2019:11(7):836-851.

Veloso MG, Angers DA, Chantigny MH, Bayer C. Carbon accumulation and aggregation are mediated by fungi in a subtropical soil under conservation agriculture. Geoderma. 2020:363:114159.

White DC, Ringelberg DB. Signature lipid biomarker analysis. In: Burlage RS, editor. Techniques in Microbial Ecology. Oxford University, In Press, New York; 1998. p. 255-272

Wu Y, Zeng J, Zhu Q, Zhang Z, Lin X. pH is the primary determinant of the bacterial community structure in agricultural soils impacted by polycyclic aromatic hydrocarbon pollution. Sci Rep. 2017:7(1):1-7.

Xue D, Huang X, Yao H, Huang C. Effect of lime application on microbial community in acidic tea orchard soils in comparison with those in wasteland and forest soils. J Environ Sci. 2010:22(8):1253-1260.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação Ecotoxicológica da utilização de Nanopartículas de Óxido de Magnésio (NPs-MgO) sobre *Phaseoulus vulgaris*

William Gabriel Borges[1]; André Junior Ogliari[2]; Eduarda Busatta[1]; Érika Santa Catharina[3]; Márcio Antônio Fiori[4]; Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta[4]

[1]Acadêmico (a) do curso de Ciências Biológicas, Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ – Servidão Anjo da Guarda, 295 – D, Efapi, Chapecó – SC, 89809 – 900; Rua das Garças, 539, Chapecó-SC, 89801-000, williamgborges4@gmail.com; [2]Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ; [3]Acadêmica do Curso de Agronomia – UNOCHAPECÓ; [4]Professor(a) do curso de Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ;

## INTRODUÇÃO

No ano de 2018 a população mundial alcançou a marca de 7,594 bilhões de pessoas segundo dados publicados pelo Banco Mundial (WORD BANK, 2018). Com estes números, a demanda de alimentos também cresce, logo, novas tecnologias são necessárias para suprir tal necessidade.

Segundo Russel & Williams (1977) apud Loukil et al. (2014) os fertilizantes provavelmente são usados pelo homem desde o neolítico, utilizando-se de dejetos de animais e cinzas de madeira, sendo que o primeiro fertilizante quimicamente produzido, surgiu no início do século 19. Nesse sentido, um produto que vem ganhando muito espaço e com potencial de se sobrepor aos outros adubos são os nanofertilizantes, os quais podem melhorar a produtividade inovando a indústria agrícola (TARAFDAR et al., 2013).

O aumento da produtividade com o uso da nanopartícula pode ser tanto derivado diretamente de elementos nutricionais ou até de seu uso como nanocápsulas para administração de herbicidas, manejo de vetores e nanossensores para detecção de pragas (DITTA et al., 2015).

A nanoparticula pode ser definida como qualquer partícula produzida intencionalmente que tenha uma dimensão característica de 1 a 100 nm, que embora seja uma tecnologia ainda nova, apresenta muitos resultados positivos já documentados (AUFFAN et al., 2009; DITTA et al., 2015).

O magnésio ($Mg^{+2}$) tem papel fundamental nas plantas, contribuindo em inúmeros processos, estando presente na molécula de clorofila, participando de processos químicos, fisiológicos, da síntese proteica e no transporte de carboidratos, também atua na defesa da planta, onde sua eficiência tem sido relatada contra muitas doenças (AWAN et al., 2019; PRANCKIETIENE et al., 2020).

Uma prática bastante comum no Brasil é a calagem (VAN RAIJ, 2011), sendo está a principal maneira que o $Mg^{+2}$ é fornecido para as plantas, e muitas vezes esse fornecimento é reduzido, gerando uma insuficiência de $Mg^{+2}$ no solo, sendo necessário a utilização de fontes alternativas que podem incluir a nanopartícula de oxido de magnésio (NPs-MgO).

A ecotoxicologia é uma área da toxicologia que busca observar possíveis efeitos tóxicos de poluentes naturais ou sintéticos sobre dife-

rentes indivíduos, sejam eles, animais, plantas e microrganismos (TRUHAUT, 1969). Portanto, avaliar os riscos dessas substâncias e entre elas as nanopartículas, é fundamental para manter o bom funcionamento do ecossistema terrestre, e inclui os ensaios padronizados com diferentes espécies de plantas, uma ferramenta importante para avaliação ecotoxicológica

O presente trabalho objetiva avaliar o efeito da utilização da nanopartícula de óxido de magnésio (NPs-MgO) sobre a espécie *Phaseolus vulgaris* em solo natural representativo do Estado de Santa Catarina e do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para condução dos ensaios foi utilizada a planta da espécie *Phaseolus vulgaris* (Feijão preto) e os ensaios seguiram os protocolos da OECD (2006). Os ensaios foram conduzidos sob delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições. A nanopartícula de oxido de magnésio (NPs-MgO) foi sintetizada no laboratório de química da UNOCHAPECO e aplicada ao solo sob as seguintes doses em base de magnésio: (T0) 0; (T1) 25; (T2) 50; (T3) 100; (T4) 200 e (T5) 400 mg $kg^{-1}$.

O solo utilizado foi coletado no munícipio de Chapeco – SC (27°05"274'S e 52°38"085'W), na profundidade de 0 a 20 cm em área sob vegetação natural não antropizada, sem histórico de uso agrícola e classificado como Latossolo Vermelho distrófico. Para a montagem dos ensaios o pH foi corrigido para 6,0 ± 0,5 por meio da adição de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), e as nanopartículas foram homogeneizadas junto ao mesmo sendo, a semeadura realizada 24h após a contaminação.

As unidades amostrais do ensaio foram constituídas de potes de 500 ml preenchidos com 250 gramas do solo contaminado e 5 sementes plantadas a 15mm da superfície. As sementes utilizadas foram submetidas previamente a teste de germinação para comprovação da sua qualidade fisiológica, e não apresentavam nenhum tratamento químico. Após a montagem as unidades amostrais foram colocadas em uma sala com temperatura (23 ± 3° C) e fotoperíodo (12:12 h, luz escuro) controlados durante todo o tempo do ensaio. A umidade das unidades amostrais foi corrigidas para 60% da capacidade de retenção com água destilada.

As plântulas emergentes foram contabilizadas e com 50% de germinação das sementes o período de teste teve início e perdurou por 21 dias, e na metade desse tempo houve o desbaste mantendo-se apenas 3 plantas em cada pote.

As variáveis avaliadas foram: porcentagem de emergência de plantas (E); índice de velocidade de germinação (IVE) com observação diária de emergência de plântulas; Altura de planta (H) da superfície do solo até o ápice da folha e comprimento da raiz (CR); com auxílio de régua graduada em mm; biomassa da parte aérea (MAS) e biomassa da raiz (MSR) com o material seco em estufa de circulação forçada a 65°C até obter peso estável.

Os resultados dos organismos e de plantas foram testados quanto à verificação de *outliers*, normalidade e homogeneidade pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente utilizando o Software Statistica 7.0 (Statistica, 2004). Os dados foram submetidos à análise de variância (One-way ANOVA), havendo diferença estatística, as médias foram comparadas pelo teste Dunnett ($p < 0,05$) utilizando o Software Statistica 7.0 (STATISTICA, 2004). Os valores de NOEC (concentração de efeito não observado) e LOEC (menor concentração de efeito observado) quando observado efeitos foram estimados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios com *P. vulgaris* atingiram os critérios de validação de acordo com o protocolo OECD (2006). A taxa de emergência de *P. vulgaris*

no solo controle foi ≥ que 70% (média de 100%) (Tabela 1).

Os ensaios com as doses crescentes de $Mg^{2+}$ não afetaram a emergência das plântulas de *P. vulgaris* na presença de NPs-MgO, ($p \leq 0,05$), com valores de NOEC > 400 mg $kg^{-1}$ solo (Tabela 1). Em relação ao índice de velocidade de emergência (IVE), também não foi observado efeito significativo nas doses crescentes de $Mg^{2+}$ sobre as plântulas de *P. vulgaris* ($p \leq 0,05$), com valores de NOEC > 400 mg $kg^{-1}$ solo (Tabela 1).

O crescimento das espécies de *P. vulgaris* não foi influenciado pelas doses crescentes de $Mg^{2+}$ aplicadas ao solo para H e R ($p \leq 0,05$), com valores de NOEC > 400 mg $kg^{-1}$ solo (Tabela 1). Em relação a biomassa das plantas também não foi observado efeito significativo nas doses crescentes de $Mg^{2+}$ aplicadas ao solo para MSA e MSR ($p \leq 0,05$), com valores de NOEC > 400 mg $kg^{-1}$ solo (Tabela 1).

Tabela 1. Emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes, altura de plantas (H) e comprimento de raiz (CR), massa seca parte áerea (MSA) e massa seca raiz (MSR) de Phaseolus vulgaris em Latossolo Vermelho distrófico submetido a doses crescentes de $Mg^{2+}$ adicionadas ao solo via nanopartícula de óxido de magnésio (NPs-MgO). ns = Não apresenta diferença estatística quando comparado ao controle pelo teste Dunnett ($p \leq 0,05$). Médias ± desvio padrão (n = 5).

| Produto | Dose (mg.kg$^{-1}$) | E (%) | IVE |
|---|---|---|---|
| NP-MgO | 0 | 100 ± 0ns | 2,9 ± 0,0ns |
| | 25 | 100 ± 0 | 2,8 ± 0,2 |
| | 50 | 100 ± 0 | 2,9 ± 0,0 |
| | 100 | 100 ± 0 | 2,7 ± 0,1 |
| | 200 | 100 ± 0 | 3,0 ± 0,0 |
| | 400 | 100 ± 0 | 2,7 ± 0,3 |
| | Dose (mg.kg$^{-1}$) | H (cm) | CR (cm) |
| | 0 | 29 ± 2ns | 17 ± 2ns |
| | 25 | 31 ± 1 | 18 ± 1 |
| | 50 | 30 ± 1 | 17 ± 1 |
| | 100 | 29 ± 3 | 17 ± 3 |
| | 200 | 27 ± 1 | 16 ± 2 |
| | 400 | 28 ± 1 | 14 ± 1 |

| | Dose (mg.kg$^{-1}$) | MSA (mg) | MSR (mg) |
|---|---|---|---|
| | 0 | 323 ± 34ns | 218 ± 46ns |
| | 25 | 315 ± 71 | 208 ± 21 |
| | 50 | 323 ± 9 | 193 ± 44 |
| | 100 | 354 ± 35 | 173 ± 27 |
| | 200 | 366 ± 51 | 161 ± 24 |
| | 400 | 394 ± 44 | 145 ± 30 |

O aumento no uso das nanopartículas abre um leque de possíveis novos problemas ambientais e apesar de alguns estudos já terem sidos feitos ainda há necessidade de outras pesquisas (Cañas et al., 2011).

Para a *P. vulgaris* as doses crescentes de (NPs-MgO) não foram capazes de causar efeitos sobre os diferentes parâmetros vegetativos avaliados, demostrando que a aplicação no solo nas doses testadas não afeta de forma negativa o crescimento e desenvolvimento da espécie estudada, o que abre a possibilidade da sua utilização segura para a nutrição de plantas.

Dados de pesquisa, muitas vezes associam a toxicidade causada pela forma nano, e não exatamente pelos nutrientes, tornando necessária a pesquisa com plantas utilizando de protocolos ecotoxicológicos, necessárias para avaliar a utilização dos nanomateriais (FLORENCE, 2012). Ensaios realizados com outras nanopartículas como a NPs-ZnO durante o ciclo de vida da *Raphanus sativus* (Rabanete) observou a redução do comprimento do caule e da raiz na germinação das sementes oriundas da planta mãe submetida a exposição da nanopartícula (SINGH; KUMAR, 2018).

De forma ainda mais significativa foram observados por Yue et al. (2018), onde a *Lemna minor* (Lentilha d'água) foi muito afetada por NPs de CuO, com o número de folhas, área de superfície das folhas e o peso seco de plantas inteiras diminuíram significativamente em 32%, 47% e 33% respectivamente.

Embora a NPs-MgO apresentada no trabalho tenham um baixo potencial tóxico para a espécie estudada, o conhecimento sobre a mesma é escasso e a constatação da toxicidade de outras nanopartículas alerta para que sejam feitos mais estudos que busquem compreender os mecanismos ou não de toxicidades das NPs e o destino e efeito destas no ambiente do solo, sendo fundamental a quantificação de sua dissociação e transformação desses produtos.

## CONCLUSÃO

As doses crescentes de nanopartícula de óxido de magnésio (NPs-MgO) não causa efeito de toxicidade em plantas da espécie *P. vulgaris*.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Unochapecó pela concessão de bolsa (Artigo 171 da CE). Ao Laboratório de Ecotoxicologia Terrestre da UDESC/Chapecó pela concessão do espaço físico.

## REFERÊNCIAS

Auffan M, et al. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. Nat Nanotechnol. 2009; 4(10):634-641.

Awan ZA, Shoaib A, Khan KA. Crosstalk of Zn in combination with other fertilizers underpins interactive effects and induces resistance in tomato plant against early blight disease. Plant Pathol J. 2019; v. 35, n. 4, p. 330-340.

Cañas J. E. et al. Acute and reproductive toxicity of nano-sized metal oxides (ZnO and TiO 2) to earthworms (Eisenia fetida). J Environ Monitor. 2011; 13(12), 3351-3357.

Ditta A; Arshad M; Ibrahim M. Nanoparticles in sustainable agricultural crop production: applications and perspectives. In: Manz HS, Mohamed HAW, Firoz M. Nanotechnology and plant sciences. Cham: Springer International Publishing AG, 2015. p. 55-75.

Florence AT. "Targeting" nanoparticles: the constraints of physical laws and physical barriers. J Control Release. 2012; v. 164, n. 2, p. 115-124.

Loukil B; Mallem L; Maamar H.; Boulakoud MS. The study of risk associated with handling of fertilizer in workplace on some lipid and hormone parameters. World Appl Sci J. 2014, v. 32, n. 6, p. 1159-1162.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test. OECD Publishing, 2006.

Pranckietiene I, Dromantiene R, Jodaugiene D, Vagusevicien I, Paulauskiene A, Marks M. Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield. J Elementol. 2020; v. 25, n. 1, p. 139-152.

Russel DA.; Williams GG. History of Chemical Fertilizer Development 1. Soil Sci Soc Am J. 1977; v. 41, n. 2, p. 260-265.

Singh D; Kumar A. Investigating long-term effect of nanoparticles on growth of Raphanus sativus plants: a trans-generational study. Ecotoxicology, v. 27, n. 1, p. 23-31, 2018.

STATSOFT, Inc., STATISTICA (Data analysis software system). Version 7. Disponível em: www.statsoft.com, 2004.

Tarafdar JC; Sharma S; Raliya R. Nanotechnology: Interdisciplinary science of applications. African J Biotechnol. 2013; v. 12, n. 3, p. 219-226.

Truhaut R. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. Ecotox Environ Safe. 1977; v. 1, n. 2, p. 151-173.

Van Raij B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Int Plant Nutr Inst. 2011; v. 1, p. 420.

WORD BANK GROUP. BANCO MUNDIAL: 2018. Disponível em:<https://data.worldbank.org/region/world>. Acesso em: 20 abril 2020.

Yue L, Zhao J, Yu X, Lv K, Wang Z, Xing B. Interaction of CuO nanoparticles with duckweed (Lemna minor. L): Uptake, distribution and ROS production sites. Environm Pollut. 2018; v. 243, p. 543-552.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Bactéria Fixadora de Nitrogênio para o Desenvolvimento da Soja em Solo Contaminado com Cobre

Daiane Sartori Andreola[1]; Daniel Erison Fontanive[2]; Domenico Marcelo Rafaele[3]; Ricardo Turchetto[4]; Ana Paula da Silva[5]; Rodrigo Fereira Da Silva[6]

[1]Estudante pós graduação, Universidade Federal Santa Maria (USFM) campus Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, s/n BR 386 Km 40, Frederico Westphalen – RS, CEP: 98400-000, dayaandreola@hotmail.com; [2]Estudante pós graduação, UFSM Campus Frederico Westphalen; [3]Estudante pós graduação, UFSM campus Frederico Westphalen; [4]Estudante pós graduação, UFSM campus Frederico, [5]Estudante de Graduação UFSM campus Frederico Westphalen [6]Professor, UFSM campus Frederico Westphalen;

## INTRODUÇÃO

O cobre (cu) é considerado um micronutriente para as plantas, é um elemento que faz parte de vários compostos orgânicos, como proteínas e enzimas vitais ao metabolismo vegetal, atuando no controle da síntese de DNA e RNA, e participando de vários processos fisiológicos (SHINOZAKI et al., 2015).

A intensa e contínua utilização de metais pesados pela atividade antrópica, têm aumentado a contaminação do solo com cobre (Cu), tornando um problema para ser humano, plantas, fungos e bactéria (ANDREAZZA et al., 2013), as altas concentrações de cobre no solo afeta negativamente o crescimento e a produtividade das plantas (SONMEZ et al., 2006). Plantas cultivadas em solos com elevado conteúdo de cobre podem acumular fortemente esses metais pesados em seus tecidos e desenvolvem sintomas de toxicidade (TIECHER et al., 2018), esse excesso pode levar a fatores anatômicos, morfológicos e fisiológicos mudanças, como a inibição da absorção de nutrientes, reduzir a taxa de fotossíntese e crescimento de plantas (AMBROSINI et al., 2015),

A soja possui altas exigências em nitrogênio (N) durante seu ciclo, pois participa na formação de proteínas (PÍPOLO et al., 2015). Esse elemento, é fornecido principalmente pela fixação biológica efetuada por bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, essa associação simbiótica é capaz de nodular suas raízes contribuindo com todo o nitrogênio que a soja necessita para produzir (FILHO et al., 2018).

O cultivo da soja no Brasil é 100% beneficiado pela FBN, anualmente, a economia estimada pela não utilização de adubos nitrogenados no cultivo de soja é da ordem de US$ 9 bilhões de dólares por ano (EMBRAPA, 2016).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta da inoculação com *Bradyrhizobium joponicum* na cultura da soja cultivada em solo contaminado com cobre.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em na casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *Campus*

de Frederico Westphalen. O solo utilizado no experimento foi caracterizado como um Latossolo Vermelho (SANTOS, 2013), coletado em área de produção agrícola na camada de 0-20 cm, com textura de 70% de argila.

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizado (DBC) em arranjo fatorial 7 x 2, sendo, sete doses de cobre (0, 80, 120, 240, 320, 400 e 480 mg de cobre $kg^{-1}$ de solo), duas inoculações (com a *Bradyrhizobium Joponicum* e sem (testemunha: TEST)), com 8 repetições.

O inoculante utilizado foi fornecido pela empresa Simbiose, localizada na cidade de Cruz Alta, RS, Brasil. Utilizou-se o inoculante líquido Simbiose® composto por bactérias do gênero *Bradyrhizobium Joponicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na concentração de 5,0 x 109 células por mL, na dose de 2 ml $kg^{-1}$ de semente, que resultou na concentração de 2.000.000 UFC por semente, sendo homogeneizados com as sementes no momento da semeadura.

A semente utilizada no experimento foi da cultivar de soja 5917 ipro, fornecidas pela Cooperativa Agroindustrial Alfa, unidade de Chapecó, SC. Para o cultivo das plantas em casa de vegetação foi utilizado vasos de plástico com capacidade de cinco litro, preenchidos com 4,5 kg de solo. A irrigação foi realizada diariamente com água por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, mantendo a umidade a 80% da capacidade de campo.

Ao final do experimento foi quantificada a altura de planta (AP), com régua graduada, medida do colo das plantas até a inserção do último trifólio; massa seca da parte aérea (MSPA), secos em estufa a 60 ± 1 ºC até massa constante e pesada em balança analítica e número de grão por planta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando apresentaram interação significativa foram submetidos à análise de regressão do fator de variação quantitativo (doses) dentro de cada nível do fator qualitativo (inoculação). Para os parâmetros sem interação, foram desdobrados os efeitos simples, sendo as médias do fator qualitativo (Fator A) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e as médias do fator quantitativo (Fator D) submetido à análise de regressão polinomial pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre inoculação *Bradyrhizobium joponicum* e doses de cobre aplicado no solo para as variáveis analisadas, altura de planta (AP), massa seca de parte aérea (MSPA), da cultura da soja (Figura 1e 2).

A altura de planta (Figura 1) e massa seca de parte aérea (Figura 2) da soja sem inoculação foram reduzidas linearmente com as doses de cobre aplicado no solo, enquanto que com inoculação apresentaram aumento quadrático, atingindo altura máxima de 80 cm na dose estimada de 117 mg Cu $kg^{-1}$ de solo e a MSPA ponto de máxima em 175 mg de Cu, sendo significativamente maior que o tratamento sem inoculação.

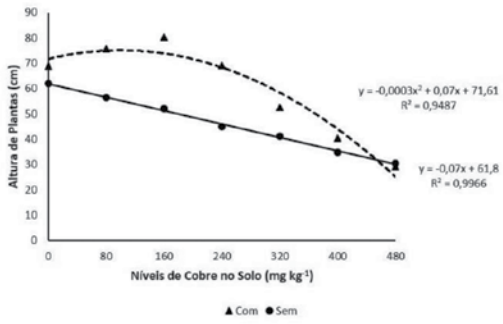



**Figura 1.** Altura de planta (AP) de soja submetidas a doses de cobre no solo com e sem inoculação com *Bradyrhizobium Japonicum*.

Trabalho realizado por Bossolani et al. (2018) relatam que plantas de soja quando inoculada com *B. japonicum* tiveram influência direta no aumento da altura das plantas. Esse

resultado corrobora com o trabalho realizado por Bizarro (2008) que avaliando o efeito da inoculação constatou que a aplicação de inoculante permitiu aumento da massa seca da parte aérea da planta de soja.

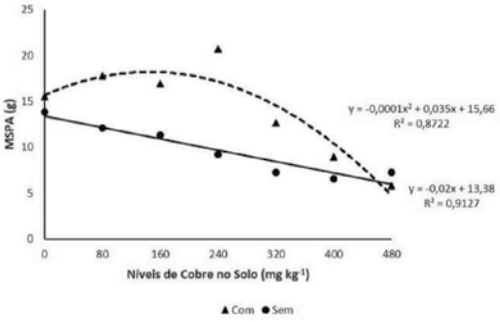



Figura 2. Massa seca parte aérea (MSPA) de soja submetidas a doses de cobre no solo com e sem inoculação com *Bradyrhizobium Japonicum*.

Também houve interação significativa entre inoculação *Bradyrhizobium joponicum* com doses de cobre aplicado no solo para número de grão por planta (Figura 3). O número de grão reduziu linearmente com as doses de cobre aplicado no solo no tratamento sem inoculação, e ponto de máxima com a inoculação na dose de 133 mg $kg^{-1}$ de cobre aplicado no solo, com de 42 grãos por planta. Sem inoculação na mesma dose de cobre aplicado no solo, produziu 30 grãos por planta. 3

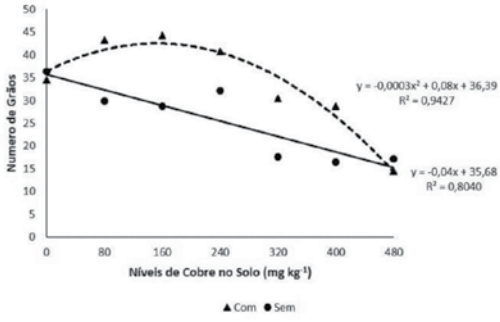



Figura 3. Número de grão (NG) por planta de soja submetida a doses de cobre no solo com e sem inoculação com *Bradyrhizobium Japonicum*.

Trabalho realizado por (BRACCINI et al., 2016) com *Bradyrhizobium japonicum* inoculado via tratamento de sementes evidenciaram acréscimos no rendimento de grãos da soja, resultando em maior fixação de nitrogênio pela atuação desses microorganismos, que são capazes de prover o nitrogênio necessário a planta. Este trabalho corrobora com Brandelero, E. M.; Peixoto, C. P.; Ralisch, (2009) que constataram que a nodulação tem estreita relação com o rendimento final de grão, evidenciando que a nodulação está diretamente ligada à fixação simbiótica do nitrogênio para a produção de grãos.

## CONCLUSÕES

A inoculação via tratamento de sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, proporciona incrementos na altura de planta, massa seca da parte aérea e no rendimento de grãos da soja em solo contaminado com cobre.

## REFERÊNCIAS

AMBROSINI, V.G., et. Al. Reduction of copper phytotoxicity by liming: a study of the root anatomy of young vines (Vitis labrusca L.). Plant Physiol. Biochem. 96, 270–280, 2015.

ANDREAZZA, R. et al. Biorremediação de áreas contaminadas com cobre. Revista de Ciências Agrárias, v. 36, p. 127-136, 2013.

BIZARRRO, M.J. Simbiose e variabilidade de estispes de Bradyrhizobium associadas à cultura da soja em diferentes manejos de solo. 2008. 97 f. Tese (Doutorado), 97f. Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre. 2008.

BOSSOLANI, J. W. et al., Development of RR soybean in function of glyphosate doses and Bradyrhizobium inoculation. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n. 12,

p.854-858, 2018. 10.1590/1807 1929/agriambi. v22n12p854- 858.

BRACCINI, A. L. et al. Co-inoculação e modos de aplicação de Bradyrhizobium japonicum e Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. Scientia Agraria Paranaensis, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.

EMBRAPA. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). 2016, 8p. Disponível em:<https://www.embrapa.br/documents/1355008/0/Folder+tecnologia+FBN/72690c5d-c076-4f9f--b48a-7f6ebec0183d>. Acesso em 05 de maio 2020.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2011.

FILHO et al., Desempenho Agronômico e Produtividade Da Cultura Da Soja Com a Co-Inoculação De Bradyrhizobium E Azospirillum brasilense. Ipê Agronomic Journal, v. 2, n. 2, p. 46-57, 2018.

PÍPOLO, A. E. et al. Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Embrapa Soja-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2015.

DOS SANTOS, H. G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SHINOZAKI, K. et al. Responses to abiotic stress. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). Biochemistry & Molecular Biology of Plants. 2th ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. p. 1051, 1100.

SONMEZ. et al. High Level of Copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. Scientia Agricola, v.63, p.213-218, 2006.

TIECHER, T. L. et al. The interaction of high copper and zinc doses in acid soil changes the physiological state and development of the root system in young grapevines (Vitis vinifera). Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 148, p. 985-994, 2018.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Carbono da Biomassa Microbiana em Sistemas de Cultivo de Milho Forrageiro em Área com Semeadura Direta de Longo Prazo

Nathalia Dalla Corte Bernardi[1]; Leonir Terezinha Uhde[2]; Anderson Dal Molin Savicki[3]; Tiago Silveira da Silva[4]; Iandeyara Rosa[5]; Pedro Bester Przybitowicz[6]

[1]Aluna do curso de Graduação em Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic)/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Rua Vilarim Rodrigues, Catuípe/RS, nathaliadcbernardi@gmail.com; [2]Professora, doutora, Departamento de Estudos Agrários da Unijuí, orientadora, uhde@unijui.edu.br; [3]Aluno do curso de Graduação em Agronomia da Unijuí, Bolsista Pibic/CNPq, andersonsavicki@hotmail.com; [4]Aluno do curso de Graduação em Agronomia da Unijuí, Bolsista Pibic/Unijuí, tiagosilveira27021995@gmail.com; [5]Aluna do curso de Graduação em Agronomia da Unijuí, Bolsista CNPq, andynazaroff309@gmail.com; [6]Aluno do curso de Graduação em Agronomia da Unijuí, pedro-bester@outlook.com, voluntário de pesquisa.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de cultivo do solo podem diferenciar-se pelo uso de plantas de cobertura usadas nos períodos do outono e inverno. Deve ser feito um planejamento do cultivo dessas plantas e conhecer com profundidade as características da espécie a ser utilizada, como o suprimento de N e o aumento de C orgânico do solo, por meio da relação C/N, descompactação do solo pelos sistemas radiculares diversos (SANTOS et al., 2004) e, ainda, reduções nas populações dos patógenos fúngicos das plantas, auxiliando no controle de doenças, na manutenção da matéria orgânica do solo e no controle de nematóides associado à produção de toxinas, e, de forma geral, auxiliando também na melhoria química, física e biológica do solo.

Um dos parâmetros mais sensíveis às mudanças nos sistemas de cultivos é a biomassa microbiana. Ela serve como um indicativo do nível de degradação ao qual um solo está submetido. Além disso, a biomassa microbiana é um indicador de qualidade do solo, e a fração viva da matéria orgânica do solo, sendo fungos, bactéria ou actinomicetos que atuam nos processos de decomposição de resíduos orgânicos e ciclagem de nutrientes (JUNIOR; MENDES, 2007), desempenha uma função nele e, por isso, a importância da biodiversidade.

O teor de carbono da biomassa microbiana é utilizado como um índice que permite avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo. De acordo com Dionísio et al. (2016), o carbono da biomassa microbiana permite medir o acúmulo ou a perda de carbono do solo por determinado manejo, e pode-se observar que quanto maior a biomassa microbiana maior será a reserva de carbono no solo. Seus estoques no solo sofrem influência física, química e biológica, sendo sensível às variações climáticas, à pressão biológica e, principalmente, em atividades de manejo pela adição de resíduos vegetais e animais, e também pela perda por erosão e oxidação dos microrganismos do solo quando se tem um manejo inadequado.

Diante do crescente interesse relacionado aos atributos biológicos do solo em sistemas agrícolas, há necessidade de maiores estudos

que monitorem o impacto causado por diferentes sistemas de manejos. Com isso a hipótese deste trabalho foi observar se as diferentes culturas antecessoras implicam no carbono da biomassa microbiana do solo, e, a partir disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o carbono da biomassa microbiana em diferentes sucessões culturais, com a inclusão do milho forrageiro como a principal cultura em uma área de plantio direto consolidado com mais de 20 anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensino do curso de Agronomia da Unijuí, associado ao projeto "Sistemas sustentáveis de produção com melhor aproveitamento dos recursos biológicos e naturais", situado no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), localizado no município de Augusto Pestana-RS, pertencente ao Departamento de Estudos Agrários – Deag/Unijuí. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (SANTOS et al., 2013). De acordo com a classificação climática de Köeppen, o clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido).

O experimento ocorreu com o estabelecimento das culturas de verão no segundo semestre de 2016, sendo constituído por culturas anuais de verão produtoras de grãos, pastagem e melhoradoras do solo. A área experimental é constituída de 14 faixas no sentido das curvas de nível nos cultivos de verão e 10 faixas no sentido de desnível nos cultivos de inverno, que medem 10 x 15 metros, compondo um total de 140 parcelas em uma área de 4,2 ha. Desta, foi analisada uma das faixas correspondentes às culturas de verão: o milho forrageiro, sobrepostas as 10 culturas usadas como sucessão cultural para cobertura verde no inverno, sendo elas a aveia branca, a aveia preta, o trigo, o centeio, a canola, o nabo, o pousio, o mix (ervilhaca+nabo+aveia), a aveia+azevém e o trigo duplo propósito. A aplicação de N, P e K nos cultivos foi realizada com base na análise do solo e recomendação segundo o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO..., 2016).

Entre os meses de agosto e setembro de 2019, antes da semeadura das culturas de verão do ano agrícola 2020, com o auxílio de um trado tipo holandês, foram coletadas cinco subamostras de cada parcela de forma aleatória, na profundidade de 0-10 cm do solo, na camada superficial, onde se concentram maiores teores de CO, pois é o local em que os resíduos orgânicos são depositados com maior formação de serrapilheira, e onde acontece maior atividade de microrganismos e também do sistema radicular das plantas. Depois disso, as subamostras foram postas em uma bandeja para serem homogeneizadas. Estas, foram colocadas em sacos plásticos limpos e identificados. Na sequência, foram armazenadas em um congelador para a conservação das características de interesse.

A biomassa microbiana foi determinada pelo método descrito por Vance et al. (1987). Em substituição ao clorofórmio foi utilizado o forno micro-ondas, conforme o método sugerido por Ferreira et al. (1999), pois a quantidade de irradiação eletromagnética, transferida do micro-ondas para os microrganismos presentes no solo, rompe as suas paredes celulares e libera o material citoplasmático da célula para a solução do solo, efeito semelhante ao clorofórmio, porém mais eficiente em alguns casos. O carbono liberado da biomassa (C-BMS) foi extraído por uma solução de $K_2SO_4$ 0,5 mol $L^{-1}$ e determinado por meio de metodologia de combustão por via úmida, conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observamos, na Tabela 1, os valores obtidos pelo cálculo do carbono da biomassa microbiana nas diferentes sucessões culturais. Os valores obtidos foram comparados com um modelo criado por Lopes et al. (2013), que elaboraram parâmetros para se basear em faixa de valores desejável de indicadores de solo, que deve ser mantida para normal funcionamento da saúde do ecossistema do solo, neste caso o carbono da biomassa microbiana. Segundo Lopes et al. (2013), valores de C-BMS ≤ 205 mg C $kg^{-1}$ de solo são considerados baixos, entre 206 e 405 mg C $kg^{-1}$ de solo são considerados moderados e > 405 mg C $kg^{-1}$ de solo são considerados adequados. Neste caso, todas as sucessões culturais mostram-se com valores altos de C-BMS, exceto o nabo, que apresentou teor médio.

**Tabela 1.** Valores do carbono da biomassa microbiana do solo em diferentes antecedentes culturais para a cultura do milho forrageiro. IRDeR-Unijuí 2020

| Antecedentes culturais para o milho forrageiro | Carbono da biomassa microbiana |
|---|---|
| | mg C $kg^{-1}$ solo |
| Aveia Branca | 2599,09 |
| Aveia Preta | 2016,35 |
| Trigo | 1598,64 |
| Centeio | 1113,89 |
| Canola | 1253,13 |
| Nabo | 257,85 |
| Mix | 1325,33 |
| Pousio | 556,95 |
| Aveia + Azévem | 1944,16 |
| Trigo Pastejo | 417,71 |

Fonte: Os autores, 2020.

Para um solo ter teores elevados de C-BMS é preciso que exista um conjunto de fatores agindo simultaneamente em seu benefício. De acordo com Moreira & Siqueira (2006), a manutenção de cobertura vegetal, uso de corretivos e fertilizantes, principalmente N e P, para eliminar as restrições de nutrientes no solo e o desbalanço nutricional, contribuem para elevar a biomassa microbiana. A limitação química que pode ser encontrada pelos microrganismos, portanto, é, basicamente, a disponibilidade de nutrientes. Como podemos observar, o sistema de cultivo com Mix, com diferentes famílias atuando com relações C/N da sua palhada distintas, tem a manutenção constante de nutrientes disponíveis para os microrganismos. De acordo com Acosta et al. (2014), os resíduos de nabo forrageiro apresentaram, quanto à liberação de N, um comportamento intermediário entre a aveia preta (com imobilização temporária) e a ervilhaca (rápida mineralização), e, dessa forma, a liberação racionada desse nutriente. Ainda, as diferentes famílias também possuem sistemas radiculares distintos, que proporcionam uma exploração do solo maior, acarretando na descompactação e abertura de diversos nichos, pois a porosidade do solo está relacionada ao espaço para água e gases, assim como lugar para que os organismos vivam. As limitações físicas encontradas pelos microrganismos podem ser ponderadas, basicamente, pela presença de água, aeração, porosidade e adesão do solo.

Segundo Santos et al. (2004), a manutenção da produtividade a longo prazo nos agroecossistemas agrícolas depende dos processos de transformação do material orgânico dos solos, posto que essa transformação é condicionada aos microrganismos do solo que ali estão pelo melhor ambiente a eles proporcionado. Dessa forma, o incremento inferior de C-BMS no sistema de cultivo sucessional com nabo, pode estar relacionado à sua baixa relação C/N, que disponibiliza imediatamente o C no solo e, desta forma, o seu aproveitamento acontece por um período de tempo reduzido.

Os sistemas de cultivo com sucessões culturais de aveia branca, aveia preta, trigo, centeio e aveia+azevém, apresentam teores altos de C-

-BMS. Isso deve-se às características da família Poaceae. A relação C/N dessa Poaceae é elevada, por isso a decomposição da palha não acontece de forma imediata (LOBO et al. 2012), mantendo o solo coberto por um período maior, quando comparado, por exemplo, com uma Brassicaceae. O sistema radicular é abundante e apresenta reciclagem de nutrientes, mobilização e transporte das camadas mais profundas para a superfície.

O alto teor de C-BMS na cultura da canola está relacionado com a quantidade de palha produzida e a sua relação C/N baixa, ou seja, o processo de decomposição de sua palha acontece de forma rápida, sendo utilizada no mesmo momento pelos microrganismos (BANDEIRA et al., 2013). Segundo Mendonça et al. (2016), os resíduos deixados na colheita da canola tornam-se uma boa opção de rotação de cultura pela sua reciclagem de nutrientes, trazendo benefícios para a cultura seguinte e melhorias em termos químicos para o solo.

O trigo para pastejo é associado a práticas de manejo que favoreçam o crescimento de raízes. A produção de massa em pastagens pode reduzir a pressão aplicada na superfície pelos animais, e o crescimento de raízes pode promover descompactação física do solo e proporcionar incrementos na sua biologia Também se tem o retorno de 65% a 99% dos nutrientes absorvidos pelas plantas forrageiras para o solo na forma de resíduos vegetais e excreta animal (JUNIOR et al., 2009), evidenciando o teor alto de C-BMS, apesar de, numericamente, estar com valor menor comparando com as demais culturas.

## CONCLUSÕES

O sistema de cultivo com sucessão cultural de aveia branca, a aveia preta e a aveia+azevém, proporcionaram os maiores teores de C-BMS. Além dessas, as sucessões com mix (ervilhaca+nabo+aveia), trigo, centeio e canola, com um bom manejo das culturas, também acarretou em teores elevados de C-BMS. A sucessão de trigo pastejo reduziu o teor de C-BMS e o nabo proporcionou os mais baixos teores de C-BMS, sendo avaliado como médio.

## REFERÊNCIAS

Acosta, JAA, Amado, TJC, Silva, LS, Weber, MA. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. Ciência Rural. 2014; 44(5):801-809.

Bandeira, TP, Chavarria, G, Tomm, GO. Desempenho agronômico de canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2013;48(10):1.332-1.341.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul. 11° ed.; 2016. 376p.

Cunha QE, Stone LF, Ferreira EPB, Didonet DA, Moreira AA, Leandro WM. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II – Atributos biológicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2011;35(1);603-611.

Dionísio JA, Pimentel IC, Signor D. Biomassa microbiana. In: Dionísio JA, Pimentel IC, Signor D, Paula AM, Maceda A, Mattana AL. Guia prático de biologia do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Curitiba, PR. 2016. p.78-80.

Ferreira, AS, Camargo, FAO, Vidor, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 1999; 23:991-996.

Junior, AAB, Moraes JA, Veiga, M, Pelissari, A, Dieckow, J, Carvalho, PCF. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. Ciência Rural, Santa Maria. Nov. 2009;39(8):2.340-2.346.

Junior FBR, Mendes IC. Biomassa microbiana do solo. Documento 205, Embrapa, Planaltina-DF. 2007;1.

Lobo, TF, Filho, HG, Bull, LT. Rendimento de matéria seca e relação C/N da Aveia preta em função do lodo de esgoto e adubação Nitrogenada. Bioscience Journal, Uberlândia. 2012;28(2):224-234.

Lopes CAA, Sousa d. MG, Chaer MG, Junoir FBR.; Goedert WJ.; Mendes IC. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. Soil Science Society of America Journal. V. 77, 2013, p. 461-472.

Mendonça, JA, Riboldi, LB, Soares, CDF, Castro, PR. de C, Kluge, RA. Canola (*Brassica napus* L.) Piracicaba: Esalq – Divisão de Biblioteca. 2016. 32p.

Moreira, FMS.; Siqueira, JO. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Universidade Federal de Lavras; Editora UFLA. 2a ed.; 2006.

Santos HG et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3a ed. Brasília, DF: Embrapa. 2013. 353p.

Santos VB, Castilho DD, Castilho RMV, Pauletto EA, Gomes AS, Silva DG. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Agrociência. Jul./set. 2004;10(3):333-338.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA et al. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico 5).

Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology Biochemistry. 1987;19(6):703-707.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Como as famílias de aranhas respondem à intensidade de pastejo em um sistema integrado de produção agropecuária?

Joice Aline Freiberg[1]; Cristian de Sales Dambros[2]; Renato Augusto Teixeira[3]; Daiane Dalla Nora[4]; Paulo César de Faccio Carvalho[5]; Rodrigo Josemar Seminoti Jacques[6]

[1]Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, RS, 97105900, joice.freiberg@hotmail.com; [2]Professor no Departamento de Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, RS, 97105900, csdambros@gmail.com; [3]Professor na Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Avenida Ipiranga, nº 6681, Partenon, Porto Alegre, RS, 90619-900, renatoaug.tx@gmail.com; [4]Pesquisadora na Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 14 Ave. Universidad Ste. 1401, San Juan, PR, 00925-253 daiane.dalla@upr.edu; [5]Professor no Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, nº 7712, Agronomia, Porto Alegre, RS, 91501-970, paulocfc@ufrgs.br; [6]Professor no Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, RS, 97105900, rodrigo@ufsm.br.

## INTRODUÇÃO

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) são modelos de produção que envolvem a integração sinérgica de componentes como a produção de grãos, a criação de rebanhos, as plantações de florestas e os produtos florestais não madeireiros (CARVALHO et al., 2014). O manejo adequado destes componentes busca associar a intensificação do sistema de produção com a sustentabilidade (HERRERO et al., 2011), de forma a atender as crescentes demandas da sociedade pela segurança alimentar e os desafios ambientais (FAO, 2015).

Conforme o sistemas de cultivo e a condições de exploração da paisagem, as práticas agropecuárias podem afetar positiva ou negativamente a qualidade do ambiente (CALABRESE et al., 2015). A intensificação desses sistemas, por exemplo, pode ocasionar a simplificação dos processos ecológicos com perda da biodiversidade, uma vez que a intensidade de manejo para uma maior produção agropecuária tende a reduzir a biodiversidade associada ao ambiente (BATÁRY et al., 2008).

Em virtude da importância na promoção de serviços ecossistêmicos e da sensibilidade às práticas de manejo, a fauna edáfica têm sido utilizada como bioindicadora da qualidade do solo (HAVLICEK, 2012). Os organismos do solo podem proporcionar alertas precoces sobre as mudanças ambientais e auxiliar no monitoramento de processos específicos nos agroecossistemas. Muitos estudos têm utilizado a fauna edáfica para monitorar a qualidade do solo e avaliar o impacto das atividades antrópicas no ambiente. Porém, ainda há a necesidade de elucidar as respostas da fauna edáfica ao manejo de diferentes componentes dos SIPAs, especialmente o impacto destes componentes em grupos taxonômicos específicos.

A comunidade de aranhas (araneofauna) integra a biodiversidade do solo e desempenha relevante função no controle biológico por meio da predação de outros organismos. Por fornecer

parâmetros da estrutura do habitat e da abundância de invertebrados terrestres (CARDOSO et al., 2011), o estudo da araneofauna assume uma importância significativa nas respostas ao manejo dos agroecossistemas, pois é sensível ao revolvimento do solo, a manutenção da cobertura vegetal, a aplicação de agrotóxicos e ao pastejo (BELL et al., 2001; RODRIGUES et al., 2013; HADDAD et al., 2011).

Portanto, o objetivo deste estudo foi (1) conhecer a diversidade e a abundância de famílias de aranhas em um SIPA com sucessão soja-pastagem; e (2) avaliar a resposta das famílias de aranhas do solo ao aumento da intensidade de pastejo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária, em São Miguel das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil (28° 56'14.00"S, 54°20'45.61"O, 417m). O experimento, implementado no ano de 2001, compreende uma área de aproximadamente 23 hectares divididos em 12 parcelas que variam de 0,8 a 3,6 hectares. As parcelas compreendem as alturas de pastejo (10, 20, 30, 40 cm e sem pastejo), distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições para as parcelas com pastejo e duas repetições para as parcelas sem pastejo.

As aranhas foram amostradas com armadilhas de queda em dois anos e em duas épocas, totalizando quatro coletas. Em cada coleta as armadilhas permaneceram no campo por sete dias, nos períodos "após pastagem", ou seja, imediatamente após a saída dos animais da área (2014 e 2015) e no período "após soja", imediatamente após a colheita da soja (2015 e 2016). Nas parcelas com pastejo foram instaladas nove armadilhas e nas parcelas sem pastejo foram instaladas três (na primeira coleta) e sete armadilhas nas demais coletas.

A determinação das famílias de aranhas baseou-se em literatura específica (WSC, 2017) e coleções de referência. O material foi depositado na coleção de Aracnologia do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

### Análise estatística

A dissimilaridade na composição das famílias de aranhas no ambiente após soja e após pastagem foi testada por meio da análise de variância baseado em uma matriz de distâncias. Modelos lineares generalizados mistos, com distribuição gaussiana, foram utilizados para testar os efeitos da altura de pastejo "após soja" e "após pastagem" (KUZNETSOVA et al., 2017). O período de amostragem (ano) e bloco (repetições espaciais) foram considerados como efeitos aleatórios, e o ambiente e a altura de pastejo como efeitos fixos. Todas as análises foram realizados no software R versão 3.6.0 (R CORE, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 2.589 aranhas no sistema integrado de produção agropecuária, sendo 2.269 aranhas após pastagem e somente 220 após soja. As aranhas foram classificadas em 23 famílias. Linyphiidae representou 63,5% da abundância total, seguido por Lycosidae (13,1%) e Theridiidae (9,0%). Considerando os manejos no SIPA, Linyphiidae foi mais abundante após pastagem (61,9% em 2015 e 77,4% dos indivíduos em 2016), seguido por Lycosidae, Theridiidae e Tetragnathidae. Theridiidae (34,6%) e Lycosidae (24,8%) predominaram após soja, na amostragem de 2015, e Amphinectidae (34,7%) e Theridiidae (24,6%) na amostragem de 2016.

A composição de famílias de aranhas no SIPA diferiu entre os ambientes após soja e após pastagem (adonis p = 0,001; R2 = 0,48). Observou-se uma forte associação de Tetragnathidae com

o ambiente após pastagem e de Gnaphosidae com o ambiente após soja (Figura 1). Por outro lado, Linyphiidae, Lycosidae, Theridiidae e Amphinectidae ocorreram tanto após soja, como também após pastagem.

As famílias mais abundantes e recorrentes neste sistema também foram reportadas em outros estudos de levantamento da araneofauna em sistemas agropecuários. Em pastagens do bioma Pampa, Silva & Ott (2017) encontraram Lycosidae, Hahniidae, Linyphiidae e Theridiidae associadas às pastagens, enquanto Tetragnathidae foi encontrada exclusivamente em áreas de pastagem não pastoreadas. A associação de Tetragnathidae à ambientes menos perturbados, deve-se ao hábito tecedor das aranhas desta família, que necessitam de recursos vegetais para apoiar a construção de suas teias. Contrariamente, a maior abundância de Lycosidae e Linyphiidae foi reportada à estratos do solo em cultivos de alfafa (ARMENDANO; GONZÁLEZ, 2009); e Linyphiidae, Theridiidae e Lycosidae em cultivo de milho transgênico e convencional (SILVA et al., 2014).

As aranhas da família Lycosidade têm hábito corredor e se beneficiam de ambientes mais abertos (HADDAD et al., 2011), já as aranhas das famílias Linyphiidae e Theridiidae podem construir suas teias em estratos inferiores da vegetação, ou próximas ao solo (LILJESTHRÖM et al., 2002).

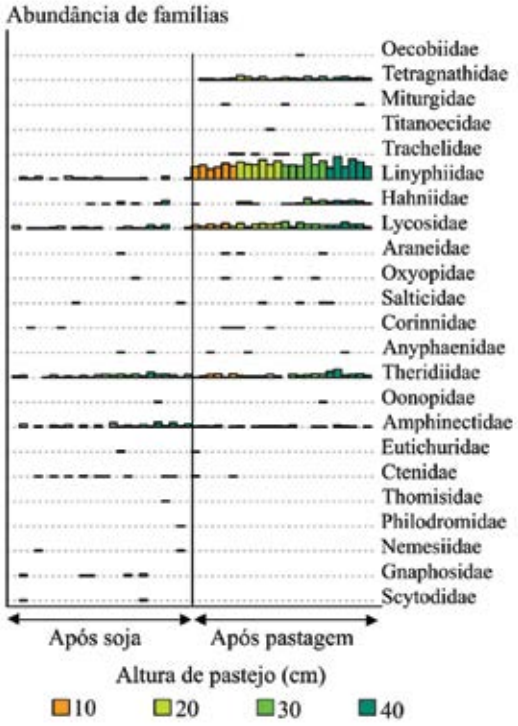



Figura 1. Efeito da altura de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) na abundância de famílias de aranhas.

Considerando o efeito da intensidade de pastejo, os modelos lineares generalizados mistos sugerem que as maiores intensidades de pastejo (10 e 20 cm) ($P<0,001$) reduzem a riqueza de famílias de aranhas do solo, tanto no ambiente após soja, quanto no ambiente após pastagem ($P<0,01$) (Figura 2).

As áreas com maiores alturas do pasto (menor intensidade de pastejo) proporcionam estruturas de vegetação mais complexas, que permitem abrigar maior abundância e riqueza de famílias de aranhas (SCHMIDT et al., 2005). Após soja, o aumento da intensidade de pastejo, mesmo com menor efeito, afetou a riqueza de famílias de aranhas, sugerindo que os resíduos vegetais do sistema integrado de produção agropecuária exercem importância significativa na comunidade da araneofauna.

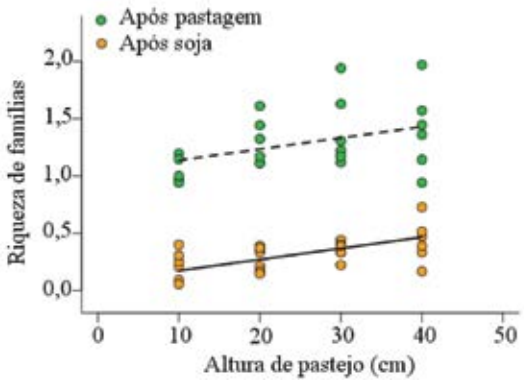



**Figura 2.** Efeito da altura de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) na abundância de famílias de aranhas.
$R^2$ = 0,85; intercepto 1,040***; altura de pastejo 0,010***; ambiente –0,964**. Valores P<0,01** e P<0,001***.

## CONCLUSÕES

O aumento da intensidade de pastejo no sistema integrado de produção agropecuária com sucessão soja-pastagem reduz a riqueza de famílias de aranhas, havendo a necessidade de ajustar a intensidade de pastejo para manter e promover a diversidade na comunidade de aranhas e, por consequência, seus serviços ecossistêmicos.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária da UFRGS; aos integrantes do Laboratório de Biologia do Solo da Universidade Federal de Santa Maria pelo auxílio nas coletas e triagem do material; à professora Leocadia Falkemberg Indrusiak, ao professor Arno Antônio Lise e ao Miguel Machado pelo auxílio na determinação das famílias de aranhas. Ao CNPq, CAPES, FAPERGS e AGRISUS pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Armendano A, González A. Comunidad de aranas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. Rev Biol Trop. 2010;58:757-67.

Batáry P, Báldi A, Samu F, Szuts T, Erdus S. Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? Biol Conserv. 2008;141:2062-70. doi: 10.1016/j.biocon.2008.06.002

Bell JR, Wheater CP, Cullen WR. The implications of grassland and heathland management for the conservation of spider communities: a review. J Zool. 2001;255:377-87. doi: 10.1017/S0952836901001479

Cardoso P, Pekár S, Jocqué R, Coddington JA. Global Patterns of Guild Composition and Functional Diversity of Spiders. PLoS ONE. 2011;6:e21710. doi: 10.1371/journal.pone.0021710

Calabrese G, Perrino EV, Ladisa G, Aly A, Tesfmichael Solomon M, Mazdaric S, Benedetti A, Ceglie FG. Short-term effects of different soil management practices on biodiversity and soil quality of Mediterranean ancient olive orchards. Org Agr. 2015:5:209-23. doi: 10.1007/s13165-015-0120-8

Carvalho PC de F, Moraes A de, Pontes L da S, Anghinoni I, Sulc RM, Batello C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. Rev Cienc Agron. 2014;45:1040-6. doi: 10.1590/S1806-66902014000500020

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS). 2015. [Acessado em: 21 set. 2015]. Disponível em: http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/integrated-crop-livestock-systems/en/.

Haddad GQ, Cividanes FJ, Martins ICF. Species Diversity of Myrmecofauna and Araneofauna Associated with Agroecosystem and Forest Fragments and their Interaction with Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera). Fla Entomol. 2011;94:500-9. doi: 10.1653/024.094.0314

Havlicek E. Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. Eur J Soil Biol. 2012;49:80-4. doi: 10.1016/j.ejsobi.2012.01.009

Herrero M, Thornton PK, Notenbaert AM, Wood S, Msangi S, Freeman HA, Bossio D, Dixon J, Peters M, van de Steeg J, Lynam J, Rao PP, Macmillan S, Gerard B, McDermott J, Sere C, Rosegrant M. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. Science. 2010;327:822-5. doi: 10.1126/science.1183725

Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017) lmerTest package: tests in linear mixed effects models. J Stat Softw 82:1–26. doi: 10.18637/jss.v082.i13

LiljesthröM G, Minervino E, Castro D, Gonzalez A. La comunidad de arañas del cultivo de soja en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Neotrop Entomol. 2002;31:197-09. doi: 10.1590/S1519-566X2002000200005

R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018. https://www.R-project.org/

Rodrigues ENL, Mendonça Jr M de S, Fritz LL, Heinrichs EA, Fiuza L. Effect of the insecticide Lambda-cyhalothrin on rice spider populations in southern Brazil. Zoologia-Curitiba. 2013;30:615-22. doi: 10.1590/S1984-46702013005000010

Schmidt MH, Roschewitz I, Thies C, Tscharntke T. Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders: Landscape vs. management effects on spiders. J Appl Ecol. 2005;42:281-7. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01014.x

Silva GO, Ott R. Short-term spider community monitoring after cattle removal in grazed grassland. Iheringia Sér Zool 2017:107:e2017033. doi: 10.1590/1678-4766e2017033

Silva LV, Ribeiro ALP, Lúcio AD. Diversidade de aranhas de solo em cultivos de milho (*Zea mays*). Semin-Cienc Agrar. 2014;35:2395-04. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2395

WSC. World Spider Catalog. World Spider Catalog, version 18.0. Natural History Museum Bern. [Acessado em: 09 jul. 2017]. Disponível em: http://www.wsc.nmbe.ch/.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Composição Sazonal da Fauna Edáfica em Pastagem de Jiggs Submetida a Diferentes Adubações

Daniel Erison Fontanive[1]; Julio Cesar Grasel Cezimbra[2]; Domenico Marcelo Rafaele[3]; Rodrigo Ferreira da Silva[4]; Eduardo Lorensi de Souza[5]; Danni Maisa da Silva[6]

[1]Aluno de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, BR 386, Km 40, Frederico Westphalen - RS, 98400-000, danielfontanive76@gmail.com; [2]Aluno de Pós-Graduação; Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen; [3]Aluno de Pós-Graduação; Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen; [4]Prof. Dr.; Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen; [5]Prof. Dr.; Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, unidade em Três Passos; [6]Profa. Dra.; Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, unidade em Três Passos.

## INTRODUÇÃO

A produção leiteira no Estado do Rio Grande do Sul ocupa o terceiro lugar no *ranking* nacional com 13% do total produzido no Brasil, sendo a região da Fronteira Noroeste do estado responsável por grande parte dessa produção (ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL, 2020). Essa região caracteriza-se por ser essencialmente agrícola, com um grande número de pequenos estabelecimentos rurais, onde após ou em conjunto a cultura de grãos bovinocultura de leite segue na lista de principais atividades (CASTRO, 2001).

As pastagens exercem um papel fundamental na produção de leite, sendo o principal recurso alimentar utilizado. Pastagens bem manejadas, podem manter níveis satisfatórios de produção (GOMIDE et al., 2001).

Considerando os sistemas produtivos da região (produção de suínos associada à atividade leiteira), o dejeto líquido de suínos (DLS) tem sido utilizado como fonte alternativa de adubo. A utilização de DLS, em doses adequadas, pode apresentar efeitos na produção de forrageiras, diretamente através do aumento da produção e indiretamente os benefícios nas propriedades físicas, químicas e a intensificação da atividade biológica do solo (SCHERER et al., 1996).

Os organismos da fauna edáfica desempenham importantes funções nas transformações que ocorrem no solo participando de processos químicos, físicos e biológicos (LAVELLE et al., 2006).

Alguns estudos têm sido feitos considerando-se a importância do manejo e a influência do uso de dejetos nas características químicas (CERETTA et al., 2003; QUEIROZ et al., 2004; SCHERER et al., 2010), em características físicas (SEGANFREDO, 1998; ARRUDA et al., 2010) e de comunidades biológicas específicas do solo (MATOS, 2006; JUAN et al., 2008), entretanto pouco se conhece da influência de dejetos no comportamento da fauna edáfica, especialmente em diferentes estações do ano em forrageiras sendo assim, o objetivo do trabalho é estudar a composição da fauna edáfica em áreas com forrageira com diferentes adubações.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido em 2016 na área experimental da UERGS (Universidade Estadual do Rio Grande do Sul), no município

de Bom Progresso - RS. Situa-se na latitude 27°33'49" e longitude 53°51'30". O clima, é classificação como Cfa segundo classificação de Köppen-Geiger.

A média anual pluviométrica é de 1822 mm bem distribuídos durante o ano. A temperatura média anual é de 19,4 °C (INPE, 2014). O solo do local foi classificado como Latosolo vermelho com fertilidade média (STRECK, et al., 2008).

Em setembro de 2016 foram implantadas as mudas de Jiggs em parcelas com área total de 16,8m², em cultivo convencional. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições.

Os tratamentos implantados foram: T1: Jiggs com adubação de dejetos líquidos de suínos (DLS); T2: Jiggs com adubação de dejetos líquidos de bovinos (DLB); T3: Jiggs com adubação química (AQ) e; T4: Jiggs sem adubação (SA).

No ano de 2017 foram instaladas armadilhas do tipo Provid para a coleta dos organismos do solo e os procedimentos seguiram a metodologia descrita por ANTONIOLLI et al. (2006). Os levantamentos da fauna edáfica foram realizados em duas estações do ano (verão e outono).

Os organismos foram contados com ajuda de lupa estereoscópica e agrupados de acordo com sua taxonomia. A análise qualitativa da fauna do solo foi realizada através da riqueza e dos Índices de Diversidade de Shannon (H), Índice de Dominância de Simpson (Is) e Índice de Uniformidade de Pielou (J). Os grupos foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($p< 0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** são demonstradas as médias de número total de osrganismos da fauna edáfica nas pastagens.

**Tabela 1.** Número médio total de organismos da fauna edáfica em pastagem de Jiggs com diferentes adubações, em duas épocas de coleta.

| Época de coleta | Jiggs DLS[1] | Jiggs DLB[2] | Jiggs AQ[3] | Jiggs (SA) | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Verão | 334A a* | 245A a | 448A a | 358A a | 61,78 |
| Outono | 165A b | 142A b | 218A a | 165A a | 56,66 |
| CV (%) | 18,75 | 28,42 | 86,06 | 57,09 | |

[1]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de suínos (DLS). [2]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de bovinos (DLB). [3]Jiggs com adubação química mineral recomendada formulada (AQ). [4]Jiggs sem adubação (SA). *Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro.

Em duas épocas de coleta, não houve diferença significativa entre os grupos de organismos e os tratamentos utilizados em nenhuma das estações (**Tabela 1**). As diferentes adubações utilizadas por GEREMIA et al. (2015) também proporcionou abundância e diversidade da fauna edáfica, similar entre os tratamentos. Foi verificado diferença significativa entre dos tratamentos DLS (T1) e DLB (T2) nas duas estações trabalhadas (**Tabela 1**). OLIVEIRA FILHO et al. (2018) em seu trabalho considerando o efeito da sazonalidade para a fauna edáfica, tanto para mesofauna como para a macrofauna, a densidade de organismos foi alterada de acordo com a estação do ano.

A **tabela 2** refere-se aos índices de diversidade de Shannon - Weaver (H'), dominância de Simpson (Is) e de equabilidade de Pielou (J) dos grupos de organismos.

**Tabela 2.** Índice de diversidade de Shannon - Weaver (H'), índice de dominância de Simpson (Is) e índice de equabilidade de Pielou (J) dos grupos de organismos encontrados em áreas de pastagem (Jiggs) manejadas com diferentes adubações em duas épocas de coleta da fauna edáfica.

| Tratamentos | (H') | | (Is) | | (J) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ver | Out | Ver | Out | Ver | Out |
| Jiggs DLS[1] | 1,27 | 1,55 | 0,36 | 0,27 | 0,64 | 0,77 |
| Jiggs DLB[2] | 1,24 | 1,18 | 0,17 | 0,11 | 0,64 | 0,77 |
| Jiggs AQ[3] | 1,26 | 1,24 | 0,75 | 0,33 | 0,59 | 0,76 |
| Jiggs SA[4] | 1,26 | 1,23 | 0,41 | 0,16 | 0,57 | 0,79 |

[1]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de suínos (DLS). [2]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de bovinos (DLB). [3]Jiggs com adubação química mineral recomendada formulada (AQ). [4]Jiggs sem adubação (SA).

Percebe-se na tabela 2, que o índice de diversidade de Shannon-Weiner (H') foi levemente menor no outono T2, T3 e T4 e somente o T1 demonstrou aumento no índice no outono comparado ao verão. Entre os tratamentos o H' se demonstrou estabilizado com uma variação de 1,24 para T2 e 1,27 para T1 no verão e 1,18 para T2 e 1,55 para T1 no outono. CEZIMBRA et al. (2019) verificou queda na quantidade de organismos sob cultivo de jiggs adubado com DLS em seu estudo. Conforme a tabela 2, o índice de diversidade de Simpson (Is) demonstrou queda no outono comparado ao verão para todos os tratamentos, variou entre 0,17 no T2 e 0,75 no T3 no verão demonstrando alta diversidade no tratamento com dejetos de bovino e baixa diversidade no tratamento com adubação química. No outono a variação máxima foi de 0,11 para o T2 e 0,33 para o T3 mantendo o comportamento do verão com maior dominância de organismos no tratamento com adubação mineral e maior diversidade onde foi utilizado dejeto de suíno. SILVA et al. (2014) verificou maior abundância de collembola, em seu estudo com diferentes doses de DLS em sistema de plantio direto, utilizando as doses mais altas.

A equibilidade de Pielou (J) variou de 0,59 e 0,64 entre os tratamentos no verão e 0,76 e 0,79 no inverno. A maior variação entre as estações foi no T4 que no verão obteve o índice de 0,57 e no outono de 0,79. O J se demonstrou maior no outono e sua variação foi muito pequena entre os tratamentos determinando uma estabilidade na distribuição de espécies encontradas (**Tabela 2**), resultado semelhante foi encontrado por ALVES et al. (2018), que também verificou pouca variação no índice de equibilidade (J) entre diferentes adubações de dejetos líquidos de suínos e fertilizante mineral em seu trabalho.

A **tabela 3** demonstra os resultados de grupos e número de organismos da fauna edáfica em pastagem de Jiggs com diferentes adubações, em duas épocas de coleta.

Dez grupos de organismos foram encontrados nas duas estações. O número total de organismos encontrados no verão e no outono foi de 1385 e 690 respectivamente, sendo os grupos mais abundantes collembola, hymenoptera e coleopteras em ambas as estações (**Tabela 3**). Verificou se uma queda de número de organismos dos três grupos mais abundantes no outono em relação ao verão. OLIVEIRA FILHO et al. (2018) encontrou resultados contrários onde a população dos grupos hymenotptera e collembola aumentaram no outono. Já ALVES et al. (2018) encontrou similaridade entre os tratamentos de diferentes adubações, porém variações do número de organismos nas diferentes épocas de amostragens da fauna edáfica, corroborando com os resultados obtidos.

## CONCLUSÕES

O número médio total de organismos não variou nas diferentes adubações utilizadas para a pastagem Jiggs na mesma estação.

A quantidade de organismos totais diminuiu no outono em relação ao verão para os tratamentos adubados com dejeto líquido de suínos e dejeto líquido de bovinos.

É observável a similaridade dos dados obtidos nos índices entre os tratamentos e entre as diferentes estações assim como também a constância média da equidade nos diferentes tratamentos e estações.

## REFERÊNCIAS


Alves, VA, Santos JCP, Segat JC, Sousa DG, Baretta D. Influência de fertilizantes químicos e dejeto líquido de suínos na fauna do solo. Revista Agrarian. 2018; 41:219-229.

Antoniolli ZI, Conceição PC, Böck V, Port O, Silva DM, Silva RF. Método alternativo para estudar a fauna do solo. Ciência Florestal. 2006; 16:407-417.

Arruda CAO, Alves MV, Mafra AL, Cassol PC, Albuquerque JA, Santos JCP. Aplicação de dejeto suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. Ciênc. agrotec. 2010; 34:804-809.

Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul. Economia: Leite. 2020. [Acessado em 25 set. 2020]. Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/leite.

Castro ACO. Impactos regionais de mudanças tecnológicas na agropecuária: Região Celeiro do Rio Grande do Sul. [Dissertação] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

Ceretta CA, Durigon R, Basso CJ, Barcellos LAR, Vieira, FCB. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. Pesq. agropec. bras. 2003; 38:729-735.

Cezimbra, JCG, Bianchetto R, Bester G, Carpes Filho LEN, Fontanive, DEF, Silva, DM. Atividade biológica do solo cultivado com pastagens sob diferentes sistemas de manejo com o uso de bait-lamina. In: IX Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão. Junho, 2019. Porto Alegre. Porto Alegre, 2019.

Geremia EV. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. R. scientia agraria. 2015; 16:17-30.

Gomide JÁ, Queiroz DS. Valor alimentício das "Brachiarias". In: Anais do Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. Novembro 1994; Piracicaba. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 223-2248.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Dados climáticos para cidades mundiais. 2014. [Acessado em 02 ago. 2020]. Disponível em: http://pt.climate-data.org/location/313129/.

Juan LI, Zha OB, Xiu-Yingl LI, Jiang R, So HB. Effects of Long-Term Combined Application of Organic and Mineral Fertilizers on Microbial Biomass, Soil Enzyme Activities and Soil Fertility. Agricultural Sciences in China. 2008:7:336-343.

Lavelle P, Decaëns T, Aubert M, Barot S, Blouin M, Bureau F, Margerie P, Mora P & Rossi JP. Soil invertebrates and ecosystem services. Eur. J. Soil Biol. 2006;42: 3–15.

Matos MA. Atributos químicos e microbiológicos do solo após aplicações de resíduos de suínos em sistema de plantio direto. Londrina [Dissertação]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2006.

Oliveira Filho LCI. Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. R. scientia agraria. 2018;19: 113-123.

Queiroz FM, Matos AT, Pereira OG, Oliveira RA. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. Ciência Rural, 2004;34:1487-1492.

Scherer EE, Aita C, Baldissera IT. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante. Santa Catarina: EPAGRI, 1996 - 46 p.

Scherer EE, Nesi CN, Massotti z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. Rev..Bras de Ci Solo. 2010;34: 1375-1383.

Seganfredo M. Efeito de dejetos líquidos de suínos sobre algumas características físicas do solo. In: Anais da.Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, fevereiro 1998; Santa Maria. Santa Maria, 1998. p.167-169.

Silva RF Bertollo GM, Corassa GM, Cocco LB, Steffen RB, Basso CJ. Doses de dejeto líquido de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. Ciência Rural, 2014; 44. 3:418-424.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Schneider P, Giasson, E, Pinto, LFS. Solos do Rio Grande do Sul. 2 ed. ver. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

**Tabela 3.** Grupos e número de organismos da fauna edáfica em pastagem de Jiggs com diferentes adubações, em duas épocas de coleta.

| Grupo | Jiggs DLS [1] | Jiggs DLB [2] | Jiggs AQ [3] | Jiggs (SA) [4] | Jiggs DLS [1] | Jiggs DLB [2] | Jiggs AQ [3] | Jiggs (SA) [4] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Verão | | | | Outono | | | |
| Collembola | 165 | 112 | 267 | 188 | 53 | 53 | 113 | 82 |
| Coleoptera | 28 | 23 | 26 | 32 | 18 | 21 | 16 | 19 |
| Dermaptera | 2 | 1 | 1 | 6 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| Diptera | 8 | 5 | 6 | 7 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| Hemiptera | 0 | 2 | 1 | 2 | 32 | 0 | 1 | 9 |
| Hymenoptera | 110 | 82 | 107 | 96 | 40 | 51 | 65 | 41 |
| Lepidoptera | 0 | 0 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Orthoptera | 7 | 10 | 15 | 4 | 7 | 5 | 10 | 7 |
| Acarina | 10 | 5 | 17 | 5 | 3 | 1 | 6 | 1 |
| Aranae | 4 | 5 | 6 | 14 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Total dos tratamentos | 334 | 245 | 448 | 358 | 165 | 142 | 218 | 165 |
| Total geral dos tratamentos | 1385 | | | | 690 | | | |

[1]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de suínos (DLS). [2]Jiggs com adubação de dejetos líquidos de bovinos (DLB). [3]Jiggs com adubação química mineral recomendada formulada (AQ). [4]Jiggs sem adubação (SA).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Construção de Estirpe de *Nif*-mutante de uma Bactéria de Solo Psicrotolerante: Fixação Biológica de $N_2$ e Metabolismo de N

Danilo Augusto Silvestre*, Leandro Azevedo Santos[2], Veronica Massena Reis[3], Cheryl Patten[4]

[1]*(Doutorando em Agronomia - Ciências do Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, danilosolosnmp@gmail.com); [2](Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, azevedo.ufrrj@gmail.com.); [3](Pesquisadora, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, veronica.massena@embrapa.br); [4](Professora, University of New Brunswick, Fredericton, Canada, pattenc@unb.ca)

## INTRODUÇÃO

A rhizobacterium *Pseudomonas syringae* GR12-2, isolada das raízes de gramíneas do Ártico, é uma forte candidata ao desenvolvimento de um inoculante para aumentar o rendimento das culturas (Lifshitz et al., 1987). A inoculação desta estirpe em canola, tomate, alface e trigo e outras plantas de importância agrícola tem resultado em promoção substancial de crescimento das raízes das mudas (Hall et al., 1996).

A interação simbiótica mais estudada entre bactérias e plantas diazotróficas é a que envolve legumes e bactérias fixadoras de nitrogênio dos gêneros Rhizobium (Oldroyd, 2013). As bactérias diazotróficas associativas e endofíticas em não leguminosas colonizam naturalmente e contribuem com N fixado para várias espécies de plantas economicamente importantes, entretanto essa interação precisa ser melhor explorada (Carvalho et al., 2014). Alguns diazotróficos endofíticos, como *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae*, *Herbaspirillum rubrisubalbicans* e *Burkholderia silvatlantica*, podem fixar N no tecido vascular e nos espaços intercelulares dos caules da cana-de-açúcar (Lery et al., 2011; Cabadilla et al., 2016). No entanto, ainda não há evidências de que o N2 reduzido por *P. syringae* GR12-2 na rizosfera de plantas inoculadas seja transferido para plantas hospedeiras.

Nosso objetivo foi construir um mutante de *P. syringae* GR12-2 com uma deleção precisa sem marcador dos genes *nifHDK* que codificam o complexo enzimático da nitrogenase para avaliar a contribuição da fixação biológica de $N_2$ e efeito dessa deleção sobre o metabolismo de N em plantas não-leguminosas.

## MATERIAL E MÉTODOS

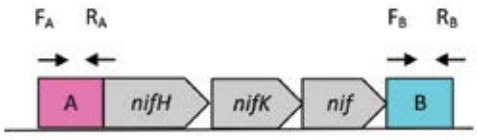
O estudo foi realizado no laboratório de microbiologia molecular, na University of New Brunswick, Canadá.

### Estirpes bacterianas e condições de crescimento

Todas as cepas foram rotineiramente cultivadas em caldo Luria-Bertani (LB), a 30° C para *P. syringae* GR12-2 ou 37 ° C para *E. coli*.

### Clonagem e construção de vetores de expressão e exclusão

Desenhos de inicadores para amplificar regiões que flanqueiam os genes *nif*.



As regiões A (650 pb) e B (550 pb) que flanqueiam os genes *nifHDK* a serem excluídos foram amplificadas separadamente usando os iniciadores:

FA CTTCGTACTAGTAGGGAACGATATTGCCGCTC
RA CAGCGACGACAATAAAAGTCCTCGGTTTCGTTC
FB GACTTTTATTGTCGTCGCTGTCCGGTATGT
RB CTTCGTCTCGACGCAGCTGACGCTCGTTAATG

O iniciador reverso RA para o fragmento A e o iniciador direto FB para o fragmento B continham sequências sobrepostas de 20 nucleotídeos. Ou seja, foi adicionado 10 nucleotídeos na extremidade 5 'do iniciador RA e 10 nucleotídeos que são o complemento reverso do iniciador RA (sequência no iniciador RA) na extremidade 5' do iniciador FB. O iniciador direto FA tem um local de reconhecimento para a enzima de restrição SpeI e o iniciador reverso RB tem um site de reconhecimento XhoI. A PCR foi realizada usando um termociclador nas seguintes condições: 98° C 5 min; 35 ciclos de 98° C 30 s, °C apropriado 1 min, 72° C 1 min; 72 10 min. Para a reação de ligação, o vetor pJQ200SK com SpeI e XhoI foi usado para digerir fragmentos AB do complemento reverso do iniciador FB (sequência no iniciador FB).

### Gerando o mutante de exclusão

O vetor de deleção construído pJQ200SK-*nifAB* contém um gene para resistência à gentamicina e *sacB* para contra-seleção em sacarose. O vetor de deleção foi transformado em *P. syringae* GR12-2 do tipo selvagem por eletroporação (pulso de 1,8 kV) e os transformantes que haviam integrado o vetor no cromossomo por recombinação e foram selecionados no ágar LB contendo gentamicina a 5 μg/mL. Os transformantes isolados foram cultivados por 24 h em caldo LB e depois semeados em agar LB contendo 10% de sacarose para selecionar a perda de *nifHDK* por um segundo evento de recombinação. A perda do plasmídeo foi confirmada pela sensibilidade à gentamicina, e a exclusão dos genes *nifHDK* foi confirmada por PCR usando as sequências UP e DOWN dos primers:

CACTGGTGAAAGGGTGAGGT A e CCTTGGGCGAAATCTGATAG, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A integração de um vetor pJQ200SK-nifAB na sequência B que flanqueia os genes *nifHDK* no genoma *P. syringae* GR12-2 foi confirmada por

PCR usando os iniciadores externos UP FOR / DOWN REV. A reação de PCR para confirmar a integração do vetor produziu produtos de 5,5 kb e 1,2 kb conforme o esperado.

### Confirmação de mutantes de exclusão

Colônias capazes de crescer em meio contendo sacarose a 10% e sensíveis ao antibiótico gentamicina foram submetidas à reação de PCR usando os primers FAUP FOR / RBDOWN REV para confirmar a exclusão da região alvo do gene.

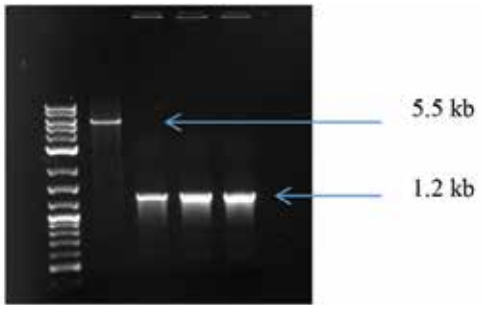



**Figura 1.** Perfil de eletroforese em gel de agarose a 0,8% em TAE 1X do produto de PCR para confirmar a deleção de *nifHDK* no genoma *de P. syringae* GR12-2. Marcador molecular (10.0 kb): WT (5.5 kb); Colônia 1, C2 e C3 (1.3 kb): mutantes de deleção.

**Crescimento de *P. syringae* GR12-2 em meio semi-sólido sem e com nitrogênio**

A estirpe mutante e selvagem (WT) de *P. syringae* GR12-2 foram inoculadas em meio semi-sólido contendo ou não nitrogênio na forma de sulfato amônio. As diluições seriadas foram realizadas de $10^{-2}$ a $10^{-7}$, de acordo com o protocolo de (Baldani et al., 2014). O meio semi sólido utilizado foi preparado de acordo com (Lifshitz et al., 1985; Baldani et al., 2014). Na figura abaixo (esquerda e direita) representamos apenas a diluição $10^{-2}$. Observamos que, em meio semi sólido livre de N, o mutante não foi capaz de crescer em nehuma diluição ao passo que WT cresceu em todas as diluições. Este resultado indica que a deleção dos genes *nifHDK* no genoma de *P. seryngae* tem sido eficiente e bem sucessedida. Por outro lado, o ensaio contento N (0,370 g/280ml ) em meio semi-sólido, mostrou que tanto WT e mutante cresceram em todas as diluições. Esse resultado demostra que a deleção dos genes *nifHDK* nao impede o mutante de crescer quando o N é fornecido.

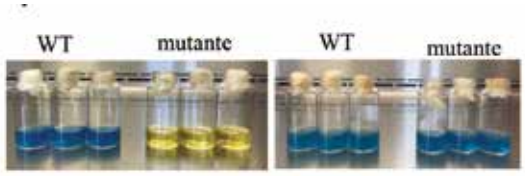



**Figura 2**. Inoculação de *P. syringae* GR12-2 (a) selvagem (WT) e (b) mutante em meio semi-sólido sem (-N) **(esquerda)** e com (+N) **(direita)**. A bactéria WT e mutante com deleção do gene *nifHDK* foram incubadas por 7 dias a 25 °C.

Um estudo mostrou que estirpe do tipo selvagem (WT) de *A. diazotrophicus* fixaram ativamente N2 em plantas de cana-de-açúcar, enquanto os mutantes *nif* não. Em condições de deficiência de N, as plantas de cana-de-açúcar inoculadas com *A. diazotrophicus* PAl5 geralmente cresceram melhor e apresentaram um teor total de N total mais alto 60 dias após o plantio do que as plantas inoculadas com mutante MAd3A ou plantas não inoculadas. Esses resultados indicam que a transferência de N fixado de *A. diazotrophicus* para cana-de-açúcar pode ser um mecanismo significativo para promover o crescimento das plantas nessa associação (Sevilla et al., 2001).

Com a construção desse *nif*-mutante será possível estudar se há contribuição da fixação biológica de N2 e a transferência de N em plantas não-leguminosas durante a associação, além de avaliar modificações no metabolismo do N na planta hospedeira.

## CONCLUSÕES

Melhorar e entender a fixação biológico de N2 em culturas não-leguminosas é um sonho da comunidade agronômica há mais de um século. Os desafios globais que nosso mundo está enfrentando tornam-se urgente a realização desse sonho. Felizmente, a diversidade natural possui soluções que a comunidade científica ignorou, possivelmente, por causa do intenso foco nos nódulos de leguminosas. Desenvolvimento tecnológico como o advento do sequenciamento de próxima geração, edição de genes e biologia sintética permitem a dissecção e manipulação de plantas e microrganismos em uma escala sem precedentes. Estamos confiantes de que a combinação da prospecção da diversidade natural de plantas e bactérias em diferentes condições edafoclimáticas juntamente com os conhecimentos da engenharia genética fornecerá soluções a curto e longo prazo e ajudará a alimentar o mundo de maneira mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

Cabadilla, C.F., McCully, M.E., Roboredo, M.R., Canny, M.J., Dong, Z., Ortega, E. 2016. A nitrogen-fixing endophyte of sugarcane stems (a new role for the apoplast). Plant Physiol, v.105: p.1139-47.

Carvalho, T.L.G., Balsemão-Pires, E., Saraiva, R.M., Ferreira, P.C.G., Hemerly, A.S. 2014. Nitrogen signalling in plant interactions with associative and endophytic diazotrophic bactéria. Journal of Experimental Botany,v.1-12.

Baldani, J.I., Reis, M.V., Sampaio, S.V., Boddy, L.H., Baldani, V.L.D. 2014. The art of isolationg nitrogen-fixing bactéria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists. Plant Soil.

Hall, J.A., Peirson, D., Ghosh, S. B. R., Glick, B. R. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Isr. J. *Plant Sci.* v.44:p. 37-42.

Lery, L.M.S., Hemerly, A. S., Nogueira, E.M.,Von Krüger, W.M.A., Bisch, P.M. 2011. Quantitative proteomic analysis of the interaction between the endophytic plant-growth-promoting bacterium *Gluconacetobacter diazotrophicus* and sugarcane. Mol Plant-Microbe Interact. v.24: p.562-76.

Lifshitz, R., Kloepper, J.W., Scher, F.M., Tipping, E.M., Laliberté, M. 1986. Nitrogen-fixing pseudomonads isolated from roots of plants grown in the Canadian high Arctic. Appl Environ Microbiol. v.51: p. 251-255.

Oldroyd. G.E.D. 2013. Speak, friend, and enter: signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. Nature Reviews Microbiology. v.11, p. 252-263.

Sevilla, M., Burris, R.H., Gunapala, N., Kennedy, C. 2001. Comparison of benefit to sugarcane plant growth and $^{15}N_2$ incorporation following inoculation of sterile plants with *Acetobacter diazotrophicus* wild-type and nif-mutant strains. Interactions Molecular Plant-Microbe. v.14, p.358-366.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio no Feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.)) Inoculado com Estirpes Comerciais de Rizóbios

Dieini Melissa Teles dos Santos[1]; Ana Beatriz Carneiro Leite[2]; Vinício Oliosi Favero[3]; Norma Gouvea Rumjanek[4]; Gustavo Ribeiro Xavier[5]

[1]Estudante, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: dieinimelissa@hotmail.com; [2]Estudante, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia; [3]Estudante, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos; [4]Pesquisadora, Embrapa Agrobiologia; [5]Pesquisador, Embrapa Agrobiologia..

## INTRODUÇÃO

O feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.)), originário da Índia, é bastante consumido no sul da ásia, onde constitui a base alimentar da população, caracterizando-se por substituir a proteína animal devido a seu alto valor proteico (CHADHA, 2010).

Por ser uma cultura rústica adapta-se facilmente a regiões de clima tropical. Em função do seu ciclo curto é ampliada a janela de produção com até três safras anuais, representando uma alternativa viável para o produtor (SANGAKKARA; SOMARATNE, 1988).

No Brasil, a produção de feijão-mungo é incipiente, no entanto, a tendência de consumo interno e externo do grão mostra-se crescente. Sua produtividade varia entre 1,2 a 2,6 t $ha^{-1}$ (VIEIRA et al., 2003). Além de condições edafo-climáticas favoráveis, existe no país uma larga experiência voltada à implementação da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), que contribui com o fornecimento total ou parcial de N para cultura. Essa técnica é responsável por uma economia anual de US$ 11 bilhões de dólares, devido ao não uso ou a redução de adubos nitrogenados (EMBRAPA, 2016).

A atividade da FBN se dá a partir da simbiose das leguminosas com bactérias diazotróficas do grupo rizóbio, que por meio da enzima nitrogenase são capazes de reduzir o $N_2$ da atmosfera em $NH_3$ ou aminoácidos (DÖBEREINER, 1989), capazes de serem assimilados pelas plantas (DÖBEREINER, 1997). A fixação do N2 pode ser realizada por populações de bactérias nativas presentes no solo ou adicionadas à semente por meio da inoculação.

Na Austrália, ensaios com feijão-mungo conduzidos por Christopher et al. (2017) testaram a inoculação da cultura com uma estirpe recomendada para o feijão-caupi e estirpes indígenas isoladas da rizosfera de feijão-mungo. Observaram que há na rizosfera uma vasta diversidade de organismos do grupo rizóbio capaz de formar nódulos e incrementar a atividade da FBN. No entanto, a inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* pré-selecionadas, é uma técnica capaz de garantir uma taxa eficiente de fixação de nitrogênio atmosférico.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a contribuição da FBN na cultura do feijão-mungo mediante a inoculação com estirpes de rizóbio recomendadas para o feijão-caupi, soja e feijão comum.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um ensaioo em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia, no município de Seropédica - RJ, em vasos com solo, num delineamento experimental em blocos casualizados com 12 tratamentos e 2 solos com 4 repetições, totalizando 96 vasos com capacidade para 3 L. As estirpes avaliadas foram: quatro estirpes recomendadas para feijão-caupi (SEMIA 6463 (=BR 3301) de *Bradyrhizobium japonicum*; SEMIA 6461 (=BR 3302) de *B. japonicum*; SEMIA 6462 (=BR 3267) *B. yuanmingense*; e, SEMIA 6464 (=BR 3262) de *B. pachyrhizi*), quatro estirpes recomendadas para soja (SEMIA 5080 (=BR 85) de *B. diazoefficiens*; SEMIA 5079 (=BR 86) de *B. japonicum*; SEMIA 587 (=BR 96) de *B. elkanii*; e, SEMIA 5019 (=BR 29) *B. elkanii*), e três estirpes de *Rhizobium tropici* recomendadas para feijão comum (SEMIA 4077 (=BR 322); SEMIA 4080 (=BR 520); e, CPAC H12 (=BR 534)).

O solo "Campos" (Cambissolo Háplico) foi coletado no *campus* da UFRRJ no município de Campos dos Goytacazes - RJ. O solo "Terraço" (Planossolo Háplico) foi coletado na área experimental Terraço da unidade Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica - RJ.

A cultivar utilizada foi a Camaleão e foram empregadas 5 sementes por vaso. Os isolados foram crescidos em meio de cultura YM, sob agitação a 30° C e 150 rpm respeitando-se o tempo de crescimento específico para cada estirpe. Foi inoculado 1 ml de inóculo por semente e após cinco dias de germinação, procedeu-se ao desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. As plantas receberam semanalmente 100 ml $vaso^{-1}$ de solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1938), com macro e micronutrientes e isenta de N.

Após 60 dias da semeadura foi realizada a coleta. As variáveis analisadas foram: número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA). As plantas foram cortadas na altura do nó cotiledonar, a massa da parte aérea foi levada a estufa a 65°C, até atingir massa constate, junto com os nódulos e as raízes.

Os dados obtidos foram analisados através do programa ®Sisvar v. 4.5, submetidos à análise de variância pelo teste F e comparadas as médias através do método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A normalidade e homogeneidade dos foi determinada no ®R Core Team.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável NN no solo "Terraço", as estirpes BR 96 e BR 3302 foram 94% e 86%, respectivamente, superior (p=5%) ao controle não inoculado (**Tabela 1**). Já em relação à MSN, nesse solo, as estirpes BR 3302 e BR 96, não diferiram significativemente do controle, no entanto, os valores obtidos foram os maiores dentre todos os tratamentos, sugerindo uma tendência de aumento semelhante ao observado para o NN.

No solo de "Campos", apesar de não terem sido observadas diferenças significativas para as vairáveis NN e MSN, a estirpe BR 3302 mostrou uma tendência de aumento em relação ao controle, apresentando 61 nódulos, enquanto o controle, 20. No solo de "Campos", na MSN, 3 estirpes BR 3301, BR 85 e BR 534 apresentaram valores em torno de duas vezes os valores dos demais tratamentos.

A MSN apresentou diferença significativa entre os solos, sendo o "Terraço" foi cerca de 7,5 vezes maior em relação a "Campos".

Lacerda et al. (2004) e Soares et al. (2006) isolaram as estirpes BR 3302 e BR 3301 na região amazônica. Observaram a produtividade dos tratamentos inoculados de até 1.400 kg $ha^{-1}$ semelhante ao controle com 70 kg N $ha^{-1}$. A inoculação com as estirpes BR 3302 e BR 3301 foi capaz de contribuir com aumento de até 30% no rendimento de grãos em relação ao controle.

Em um ensaio realizado por Zilli et al. (2011), constatou-se que a estirpe BR 96 apresentou eficiência nodular, massa seca de parte aérea e N-total iguais as estirpes BR 3262 e BR 3267 recomendadas para a cultura do feijão-caupi. Ainda para as variáveis massa de parte aérea e N-total acumulado, a estirpe BR 96 foi semelhante ao tratamento que recebeu 50 kg N $ha^{-1}$.

Para variável MSR, não houve diferença significativa entre as estirpes. No entanto, houve uma diferença significativa entre os dois solos, sendo o que no solo do "Terraço", a massa seca de raiz atingiu valores aproximadamente 4 vezes maiores do que no solo de "Campos" (Tabela 2).

A variável MSPA no solo "Campos", apresentou maior tendência em incremento quando inoculada com a BR 86 em relação ao controle. Não houve diferença significativa para as estirpes dentro do solo "Terraço", mas as estirpes BR 86 e BR 322 apresentaram uma tendência superior de 26% na MSPA em relação ao controle (Tabela 2).

Resposta semelhante foi observado em um ensaio conduzido por Bhuiyan & Mian (2007) com variedades de feijão-mungo em Bangladesh, mostra a eficiência de cepas de *Bradyrhizobium* no desempenho agronômico da cultura. As estirpes promoveram incremento de 55% na nodulação, 27% na biomassa de parte aérea e 27% no rendimento de grãos (980 kg $ha^{-1}$) em relação ao controle (770 kg $ha^{-1}$).

Observa-se que para todas as variáveis analisadas, o solo "Terraço" foi superior em relação ao solo "Campos". Por se um Planossolo, onde predomina a fração areia o que resulta em menor conteúdo de carbono orgânico e baixa fertilidade natural devido a lixiviação dos nutrientes (THILAKARATHNA; RAIZADA, 2017). Dessa forma, as plantas são estimuladas a formar uma relação simbiótica com bactérias nodulíferas, a fim de suprir sua necessidade por N. Porém o controle, apresentou o menor valor para MSPA, sugerindo uma contribuição da atividade da FBN quando foi realizada a inoculação. Ainda, a presença de nódulos nas plantas do controle pode estar relacionado à área onde o solo foi coletado. Por ser uma área experimental, é provável que bactérias diazotróficas tenham sido introduzidas em experimentos anteriores. O feijão-mungo por ser uma planta promíscua formou nódulos com a população de bactérias da área (CHRISTOPHER et al., 2017) o que resultou em um desenvolvimento semelhante aos dos tratamentos inoculados.

## CONCLUSÕES

As estirpes no solo "Terraço" foram mais eficientes em nodular o feijão-mungo.

As plantas de feijão-mungo apresentaram maior NN e MSN quando inoculadas com as estirpes BR 96 e BR 3302.

O feijão-mungo no solo "Campos" apresentou maior tendência em MSPA quando inoculado coma BR 86.

## REFERÊNCIAS

Bhuiyan MSH, Mian MH. Effect of *Bradyrhizobium* inoculation on nodulation, biomass production and yield of mungbean. Bangladesh J Microbiol, v.24, n.2, p. 95-99, 2007.

Chadha ML. Short Duration Mungbean: A New Success in South Asia. Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions (APAARI)

C/o FAO Regional Office for Asia & the Pacific (FAO RAP) Maliwan Mansion, 39 Phra Atit Road Bangkok 10200, Thailand, 2010, p.01-45.

Christopher M, Macdonald B, Yeates S, Ziegler D, Seymour N. Wild *bradyrhizobia* that occur in the Burdekin region of Queensland are as effective as commercial inoculum for mungbean (*Vigna radiata* (L.)) and black gram (*V. mungo* (L.)) in fixing nitrogen and dry matter production. Applied Soil Ecology, 2017;p.7.

Döbereiner J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. Biotecnologia Ciência, p. 2-3, 1997.

Döbereiner, J. Avanços recentes na pesquisa em Fixação Biológica de Nitrogênio no Brasil. Estudos avançados, v. 4, n.8, p. 144-152, 1989.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Brasília, Distrito Federal, p.1-8. 2016.

Hoagland DR, Arnon DI. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experimental Station. Circ. n.347, 1938.

Lacerda AM, Moreira FMS, Andrade MJB, Soares ALDL. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi. Revista Ceres, v.51, p.67–82, 2004.

Sangakkara UR, Somaratne HM. Sources, storage condition and quality of mungbean seeds cultivation in Sri Lanka. Scitec Nutrition. v.16, n.1, p.5-10, 1988.

Soares ALDL, Pereira JPAR, Ferreira PAA, Vale HMM, Lima AS, Andrade MJB, Moreira FMS. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I-Caupi. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.795–802, 2006.

Thilakarathna MS, Raizada MN. A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. Soil Biology & Biochemistry, v.105, n.2017, p.177-196, 2017.

Vieira RF, Oliveira VR, Vieira C. Cultivo do feijão-mungo-verde no verão em Viçosa e em Prudente de Morais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 37-43, 2003.

Zilli JE, Neto MLS, Júnior IF, Perin L, Melo AR. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. R. Bras. Ci. Solo, v.35, p.739-742, 2011.

**Tabela 1.** Número de Nódulos (NN) e massa seca de nódulo (MSN) em relação aos solos Campos (Cambissolo Háplico) e Terraço (Planossolo Háplico) de raízes de feijão-mungo em casa de vegetação, em Seropédica - RJ.

| Tratamento | Solos | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Campos | Terraço | Campos | Terraço |
| | NN[2] | | MNS[2] | |
| | ---------- número planta$^{-1}$ ---------- | | ---------- mg planta$^{-1}$ ---------- | |
| BR 96 | 26 Bab | 110 Aa | 7,00 Ba | 125,25 Aa |
| BR 3302 | 61 Aa | 43 Aab | 7,25 Ba | 75,00 Aa |
| BR 29 | 25 Aab | 14 Abc | 6,00 Ba | 50,00 Aab |
| BR 3301 | 34 Aab | 24 Abc | 14,00 Aa | 48,75 Aab |
| BR 534 | 29 Aab | 11 Bc | 13,00 Aa | 46,50 Aab |
| BR 3267 | 8 Ab | 12 Abc | 0,00 Ba | 42,00 Aab |
| BR 86 | 27 Aab | 12 Abc | 12,50 Ba | 41,00 Aab |
| BR 322 | 12 Ab | 9 Abc | 3,33 Ba | 38,25 Aab |
| BR 85 | 22 Aab | 10 Abc | 5,00 Ba | 34,25 Aab |
| Controle | 20 Aab | 6 Bc | 8,00 Aa | 23,25 Aab |
| BR 520 | 19 Aab | 18 Abc | 5,25 Aa | 15,67 Aab |
| BR 3262 | 22 Aab | 5 Bc | 5,50 Aa | 8,50 Ab |
| Média | 25 A | 23 B | 7,24 B | 45,70 A |
| CV (%) | 22,1 | | 46,5 | |

[1]Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. [2]A comparação das médias de número e massa seca de nódulos foram realizadas por meio da transformação com uso de log.

**Tabela 2.** Massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) em relação aos solos Campos (Cambissolo Háplico) e Terraço (Planossolo Háplico) de plantas de feijão-mungo em casa de vegetação, em Seropédica - RJ.

| Tratamento | Solos | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Campos | Terraço | Campos | Terraço |
| | MSR | | MSPA | |
| | ---------- g planta$^{-1}$ ---------- | | | |
| BR 96 | 0,338 Ba | 1,24 Aa | 1,59 Bab | 2,74 Aa |
| BR 3302 | 0,370 Ba | 1,23 Aa | 1,48 Bab | 2,70 Aa |
| BR 29 | 0,345 Ba | 1,43 Aa | 1,64 Bab | 2,65 Aa |
| BR 3301 | 0,428 Ba | 1,20 Aa | 1,87 Aa | 2,39 Aa |
| BR 534 | 0,385 Ba | 1,16 Aa | 1,77 Bab | 2,79 Aa |
| BR 3267 | 0,185 Ba | 1,51 Aa | 0,75 Bb | 2,67 Aa |
| BR 86 | 0,375 Ba | 1,23 Aa | 2,12 Ba | 3,00 Aa |
| BR 322 | 0,265 Ba | 1,35 Aa | 1,31 Bab | 3,01 Aa |
| BR 85 | 0,343 Ba | 1,36 Aa | 1,60 Bab | 2,58 Aa |
| Controle | 0,355 Ba | 1,20 Aa | 1,81 Aab | 2,23 Aa |
| BR 520 | 0,323 Ba | 1,19 Aa | 1,33 Bab | 2,60 Aa |
| BR 3262 | 0,358 Ba | 1,54 Aa | 1,79 Bab | 2,61 Aa |
| Média | 0,34 B | 1,30 A | 1,59 B | 2,66 A |
| CV (%) | 29,4 | | 20,9 | |

[1]Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Densidade de ácaros em diferentes usos do solo no Estado do Rio Grande do Sul

Andréa da Rocha Giovenardi[1]; Rodrigo Ferreira da Silva[2]; Gerry Rieth[3]; Fernanda Devens[4]; Ana Paula da Silva[5]

[1]Estudante, Universidade Federal de Santa Maria, Linha 7 de setembro s.n., Frederico Westphalen, RS., giovenardiandrea@gmail.com; [2]Professor; Universidade Federal de Santa Maria; [3]Estudante, Universidade Federal de Santa Maria; [4]Estudante, Universidade Federal de Santa Maria; [5]Estudante, Universidade Federal de Santa Maria.

## INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é um dos principais estados agrícolas do Brasil. A soja é a principal fonte econômica da maioria dos agricultores gaúchos, sendo cultivada em todas as regiões do estado. A sua implantação ocorreu pela conversão de ambientes naturais para usos agronômicos, criando um sistema de cultivo que modifica o habitat, assim como o funcionamento de diferentes organismos do solo (ALMEIDA et al., 2017; RIETH, 2019).

A fauna edáfica é influenciada diretamente pelo manejo do solo, pelos quais as diferentes coberturas vegetais e práticas culturais podem diminuir ou aumentar o número e a diversidade da população (LUDWIG et al., 2012). Se o manejo do solo é feito de forma incorreta, visando somente a produtividade, os organismos edáficos são ignorados (ALVES et al., 2020). Através da verificação da fauna edáfica é possível monitorar a qualidade do solo (BARRETA et al., 2011) e ter uma perspectiva do efeito da mudança do uso do solo mais rápido que outros atributos do solo.

Dentre os grupos que compõem a fauna edáfica está a mesofauna, que tem a acarina como principal grupo. Os ácaros são responsáveis pela decomposição e mineralização da matéria orgânica, regularização populacional de microrganismo e de pragas de cultivos, são inimigos naturais de ácaros patogênicos e insetos (GERSON et al., 2003; BOHM et al., 2010) e tem papel fundamental para a qualidade do ambiente. Além disto, são sensíveis à mudanças da matéria orgânica, cobertura do solo, manejo do solo, microclima entre outros (SILVA et al., 2015) e possui uma correlação com o equilíbrio ecológicos dos sistemas de produção (SILVA et al., 2002).

Sua verificação pode auxiliar na avaliação da eficiência dos manejos adotados nos cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul. Com isso o objetivo do trabalho foi verificar a influência de diferentes usos do solo de diferentes regiões do Estado do Rio Grande do Sul na população dos ácaros edáficos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em diferentes regiões de cultivo da soja no Rio Grande do Sul, contemplando plantios consolidados até cultivo recente da cultura, que são mais suscetíveis a degradação. As áreas foram selecionadas de acordo com o solo da região e em locais com

histórico de manejo do solo. Foram selecionados o Latossolo Vermelho distroférrico (Região 1), localizado em Boa Vista das Missões; Latossolo Vermelho Distrófico (Região 2), localizado em Júlio de Castilhos; Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (Região 3), localizado em Cachoeira do Sul e Argissolo Vermelho Distrófico (Região 4) localizado em Cacequi.

Em cada região foram selecionadas área com vegetação nativa característico da região (mata nativa ou campo nativo); lavoura com cultivo da soja e com cultivo de pastagem. Na **tabela 1**, pode-se verificar a descrição dos solos e das áreas em cada região. As coletas foram realizadas em 2018, sendo 5 pontos amostrais em cada uso do solo, distanciados em50m, com o auxílio de um extrator de 9,5 cm de diâmetro e 4,5 cm de altura tendo área de 276,07 $cm^2$. As amostras foram acondicionadas em sacos plástico e em caixa térmica para manter a umidade até a transferência para o laboratório.

Imediatamente após as amostras chegarem do campo, foi realizada a extração dos ácaros utilizando o método de Berlese-Tullgren modificado (RODRIGUES et al., 2008), que é composto por um funil, onde a amostra é acondicionada. Os funis com as amostras foram colocados sob um recipiente de pet que se encaixa embaixo do funil, para deixar vedado e não permitir entrada ou saída de organismos. Dentro desse recipiente continha um frasco coletor de 100 ml, contendo álcool 70% que servia como líquido conservante dos organismos capturados.

Os funis com as amostras e frasco coletor foram identificados e colocados em estante metálica equipada na sua parte superior de cada prateleira por um esquema de lâmpadas de 25 watts que ficavam acima das amostras e eram controladas por um Dimmer a fim de fornecer luminosidade e calor ininterruptamente. As amostras permaneceram por 7 dias, cuidando durante esse tempo para que a temperatura da superfície não ultrapassasse 35oC, para não secar rapidamente e impedir com que os ácaros não conseguissem fugir desta condição desfavorável para o recipiente coletor.

Após 7 dias os vidros foram retirados, fechados e mantidos em geladeira até o momento de sua contagem e identificação. Com auxílio de estereomicroscópio, os ácaros foram contados e reservados em microtubos com álcool 70%. Os resultados de cada área foram estimados para $m^2$.

Estatisticamente, os dados foram submetidos ao teste de análise de variância (Anova), para inferir a influência do uso do solo sob os ácaros em cada região e, posteriormente, a análise dos ácaros entre os usos do solo das regiões estudadas. Quando significativos, os valores dos resultados foram comparados usando o teste de Tukey ($p<0,05$). Todas as análises foram realizadas através do software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das coletas efetuadas nas quatro regiões avaliadas estipularam diferenças nos números dos indivíduos da fauna de acari do solo. Analisando os valores encontrados entre as Regiões (**Figura 1**), a vegetação nativa da região 4 obteve maior quantidade de ácaros, porém, não diferenciou de todos os solos da região 3, da pastagem e da soja da região 4 e da vegetação nativa da região 2.

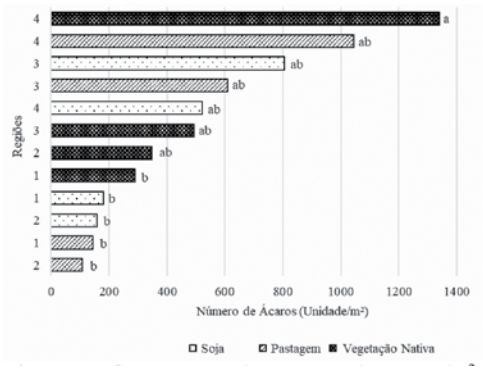


Figura 1. Comparação do número de ácaros/m² entre os usos do solo de quatro regiões do Estado do RS. Região 1 - Latossolo Vermelho distroférrico; Região 2- Latossolo Vermelho Distrófico; 3 - Argissolo Vermelho Amarelo distrófico; 4- Argissolo Vermelho Distrófico.

Notadamente, a variação existente entre os diferentes manejos de uma mesma Região foi menor do que a variação observada entre as diferentes Regiões (Figura 1). Em estudos envolvendo ácaros, colêmbolos e formigas avaliados em diferentes agroecossistemas, ocorreu a demonstração da relevância destes organismos edáficos como indicadores ecológicos de perturbações ambientais, durante o processo de recuperação de áreas degradadas. (BARETTA et al., 2003).

Observou-se, inclusive, que as Regiões 3 e 4, compostas por solos arenosos e onde a vegetação nativa avaliada era originária de campo nativo, apresentaram número maior de indivíduos do que as Regiões 1 e 2, que era constituída por fragmentos de floresta Ombrófila Mista, nas quais foram observados um total de 30216 indivíduos/m², sendo que deste, 79,62% pertenciam às Regiões 3 e 4.

Ao analisar o manejo dentro de cada Região evidenciou-se que as Regiões 1, 3 e 4 os manejos adotados na soja e na pastagem não influenciaram negativamente na densidade dos ácaros em relação à vegetação nativa (Tabela 2). Apenas na região 2, as práticas culturais adotadas na soja e na pastagem ocasionaram diminuição no número de ácaros em relação à vegetação nativa.

Tabela 2. Densidade de ácaros sob influência dos usos do solo em cada região analisada do Estado do RS.

| Uso do Solo | Região 1[1] | Região 2 | Região 3 | Região 4 |
|---|---|---|---|---|
| | - - - - - - - Unidade/ m² - - - - - - - - | | | |
| Soja | 181 a[2] | 160 b | 804 a | 522 a |
| Pastagem | 145 a | 109 b | 609 a | 1043 a |
| Vegetação Nativa | 290 a | 348 a | 493 a | 1340 a |
| CV (%) | 67,20 | 46,28 | 70,91 | 74,91 |

[1]Região 1- Latossolo Vermelho distroférrico; Região 2- Latossolo Vermelho Distrófico; Região 3- Argissolo Vermelho Amarelo distrófico Sul e Região 4- Argissolo Vermelho Distrófico.
[2]Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Baretta et al. (2003) citam que a influência do reparo do solo sobre a frequência da fauna pode ser direta, pelo dano mecânico das operações ou ainda pelo aumento da compactação e ausência de cobertura do solo. Este pode ser um dos motivos pelos quais, na Região 2, considerada de histórico preponderantemente no cultivo da soja, há uma crescente que dita uma densidade maior de ácaros em Mata Nativa, seguida de soja e de pastagem. Rieff et al. (2010) afirmam em seu estudo, que a área de mata nativa apresentou maior quantidade de ácaros e colêmbolos do que na área de Eucalipto, e demostrou que as condições diversificadas fornecidas por áreas de matas e florestas nativas permitem maior biodiversidade, devido à variedade de espécies vegetais e compostos orgânicos presentes na serrapilheira.

## CONCLUSÕES

A implementação da soja ou pastagem, estatisticamente, não apresentou interferências na quantidade de ácaros nas regiões de Latossolo Vermelho distroférrico, Argissolo Vermelho Amarelo distrófico Sul e Argissolo Vermelho Distrófico.

A maior quantidade de ácaros foi observada na vegetação nativa da região de Argissolo Vermelho Distrófico, entretanto, não houve diferença da vegetação nativa com soja e pastagem na região de Latossolo Vermelho Distrófico.

## REFERÊNCIAS

Almeida HS, Silva RF, Grolli AL, Scheid DL. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob dife-

rentes sistemas de uso do solo. Rev. Bras. de Tec. Agrop. 2017; 1(1): 15-23.

Alves MV, Naibo G, Sbruzzi EK, Machado JS, Nesi CN. Fauna edáfica em diferentes usos do solo. Acta Biológica Catarinense. 2020; 7(1): 37-45.

Baretta D, Santos JCP, Mafra AL, Wildner LP, Miquelluti DJ. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. Revista Ciência Agroveterinária. 2003; 2(1): 97-106.

Baretta D, Santos JCP, Segat JC, Geremia EV, Oliveira Filho LCI, Alves MV. Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos Especiais em Ciência do Solo. 2011;7:119-170.

Bohm GMB, Castilhos DD, Rombaldi CV. Manejo de soja transgênica com glifosato e imazetapir: efeito sobre a mesofauna e microbiota do solo. Revista Thema. 2010; 7(2): 1-12.

Ferreira DF. Sisvar: A guide for Its bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. Agrotec. 2014, 38(2): 109-112.

Gerson U, Smiley RL, Ochoa R. Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science: Oxford; 2003.

Ludwig RL, Pizzani R, Schaefer PE, Goulart RZ, Lovato T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. Centro Científico Conhecer – Enciclopédia Biosfera. 2012; 8(14): 485-495

Rieff GG, Machado RG, Stroschein MRD, Sá ELS. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. R. Bras. Agrociência. 2010; 16: 57-61.

Rieth G. Impactos da conversão de sistemas nativos em áreas de cultivo agrícola nos indicadores de qualidade do solo [dissertação]. Frederico Westphalen: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

Rodrigues KM, Correia MEF, Alves LB, Aquino AM. Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados

para amostragem de Macroartrópodes de Solo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2008. (Circular Técnica, 22).

Silva ES. Ácaros (Arthropoda: Acari) edáficos da mata atlântica e cerrado do estado de São Paulo, com ênfase na superfamília Rhodacaroidea [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2002.

Silva RCS, almeida JCR, Batista GT, Fortes Neto P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, 2015.

**Tabela 1**. Caracterização das áreas estudadas, contendo as Regiões e suas respectivas descrições.

| Caracterização | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Local | Solo | Uso do Solo | Descrição | Areia | Silte | Argila |
| | | | | ------- g $Kg^{-1}$ ------- | | |
| Região 1 | Latossolo Vermelho distroférrico | Vegetação Nativa | Fragmentos de floresta Ombrófila Mista | 150 | 250 | 600 |
| | | Pastagem | Pastagem cultiva Tifton, implantada em 1990, 6 UA/ha. | 80 | 280 | 640 |
| | | Soja | Implantado na década de 1960 o sistema de plantio direto. | 150 | 230 | 620 |
| Região 2 | Latossolo Vermelho Distrófico | Vegetação Nativa | Fragmentos de floresta Ombrófila Mista | 610 | 190 | 190 |
| | | Pastagem | Pastagem cultiva Tifton, implantada em 2014, 10-12 UA/ha. | 330 | 240 | 430 |
| | | Soja | Implantado na década de 1990 o sistema de plantio direto. | 400 | 200 | 400 |
| Região 3 | Argissolo Vermelho Amarelo distrófico | Vegetação Nativa | Campo nativo bioma pampa, com presença de bovino de corte, 2,6 UA/ha. Sem adubação. | 600 | 140 | 260 |
| | | Pastagem | Pastagem cultiva Tifton, implantada em 1990, 2,6 UA/ha. | 490 | 230 | 280 |
| | | Soja | Implantado a soja com sistema de plantio direto em 2017. | 560 | 270 | 170 |
| Região 4 | Argissolo Vermelho Distrófico | Vegetação Nativa | Campo nativo, característico do bioma pampa, com 1UA/ha. Sem adubação | 760 | 100 | 140 |
| | | Pastagem | Campo nativo, característico do bioma pampa, recebeu calagem 2010, com 3,5UA/ha. | 780 | 100 | 120 |
| | | Soja | Implantado a soja com sistema de plantio direto em 2011. | 720 | 140 | 140 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Determinação da Quantidade de Bactérias Esporuladas em Três Tipos de Solos da Região Oeste da Bahia

Joyce das Neves Cruz[1]; Klever de Sousa Calixto[2]; Karine dos Santos de Santana[3]; João Luiz Coimbra[4]

[1]Pesquisadora de Iniciação Científica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Rua Barão de Barão De Grajáu, número 80, Barreiras-BA, 47800-000, joycedasneves@hotmail.com; [2]Pesquisador de Iniciação Científica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Avenida Ruy Barbosa, número 1724, Barreiras-BA, 47806-141, klever_sc@hotmail.com; [3]Estudante de Engenharia Agronômica, Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Rua 2 de Julho, número 30, Barreiras-BA, 47810-844, karine_santos4@hotmail.com; [4]Professor da Universidade do Estado da Bahia-UNEB, Loteamento do Flamengo, BR 242, s/n, Barreiras-BA, 47800-000, jcoimbra@uneb.com

## INTRODUÇÃO

A quantidade e diversidade de micro-organismos presentes no solo são imensas. Sendo a biomassa microbiana responsável pelos processos microbiológicos e bioquímicos do solo os quais exercem, por sua vez, enorme influência na produtividade e sustentabilidade de grandes áreas (PREVIATI et al., 2012). Estudos sobre a diversidade microbiana em solos trazem resultados importantes para a fim de determinar estratégias para a sua preservação, bem como para o desenvolvimento de ferramentas que indicam alterações ambientais (SILVA, 2018).

Assim sendo, as mudanças que ocorrem no meio ambiente durante o longo do ano são capazes de alterar significativamente a temperatura e a disponibilidade de água no solo e consequentemente afetarem a atividade microbiológica de uma região (VIEIRA et. al., 2015). A aplicação de diversos manejos no solo pode resultar em modificações na constituição do mesmo, podendo significar em diferentes disponibilidades, de acordo com Van Bruggen & Semenov (2000), a identificação e a quantificação da diversidade dos microrganismos presentes em um solo podem ser avaliados como parâmetros biológicos que indicam estresses ecológicos e relacionados à saúde da flora e fauna do local. O método de isolamento microorganismos possibilita o estudo das vias metabólicas, enzimas, e, assim, explicar que tipo de degradação pode estar ocorrendo no ambiente.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, quantificar bactérias esporulantes presentes em amostras de solos oriundos de um Sistema Convencional (PC), de uma Pastagem Irrigada (PAST) e uma área de Cerrado Nativo (CN), todos coletados na região Oeste da Bahia, utilizando o meio de cultura Tryptic Soy Agar (TSA). Os resultados foram comparados e analisados estatisticamente, evidenciando as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas de manejo estudadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem dos solos

Foram utilizadas três amostras de solos classificados como: um Neossolo Flúvico com idade de 3 anos com o sistema de pastagem para ovinos (PAST) irrigada com água prove-

niente da psicultura e tendo as amostras sido coletadas no mês de março de 2019; e em um Latossolo Vermelho-Amarelo com sistema de plantio convencional (PC) (também com idade de 3 anos) sendo que no segundo ano realizou-se o plantio de sorgo, e no terceiro ano foi realizado o plantio com o feijão caupi (*Vigna unguiculata*), e na mesma fazenda, citada acima, também realizou-se o estudo em uma área de cerrado nativo (CN), sendo ambos os solos coletados em setembro de 2019.

### Preparo do solo

Os solos coletados foram secos ao ar livre por 2 dias e posteriormente foram peneirados em uma malha de 2 mm obtendo-se as amostras de Terra Seca Fina ao Ar (TSFA), seguindo a metodologia da EMBRAPA (2011). Em seguida as mesmas foram guardadas em sacos plásticos até o momento do seu uso.

### Meio de Cultura

Para a realização da contagem de bactérias utilizou-se como meio de cultura o Tryptic Soy Agar (TSA), considerado um meio de composição complexo (LAWLEY et. al, 1983).

### Determinação da Contagem dos Micro-organismos

Foram pesados 10 g de cada amostra de solo e colocados em um Erlenmeyer contendo 90 ml de solução salina esterilizada (NaCl0 0,85%). Em seguida, levou-se as amostras para um shaker agitador a uma rotação de 150 rpm durante 15 minutos para que houvesse a precipitação das partículas maiores.Após o processo de agitação os erlenmeyers foram aquecidos em banho-maria a 80º C por 15 minutos para que as algumas formas vegetativas das bactérias fossem eliminadas, a fim de obter apenas àquelas esporulantes. Com o auxílio de uma micropipeta, transferiu-se 1,0 ml da suspensão para um tubo de ensaio contendo 9,0 ml da solução salina e com a ajuda de um agitador de tubos realizou-se a agitação durante 30 segundos. Sendo feitas assim diluições decimais em série de$10^{-1}$ a $10^{-4}$.

Em seguida, com outra ponteira esterilizada foi transferido 1 mL das diluições de $10^{-3}$ e $10^{-4}$ para a superfície das placas de Petri contendo meio de cultura TSA. O processo foi realizado em triplicata, resultando em 9 placas de Petri para análise posterior. As placas foram então identificadas, vedadas e incubadas. A temperatura da estufa de incubação foi mantida a 25º C durante os 10 dias.

As contagens foram feitas a cada 24 horas com auxílio de um contador de colônias com lente de aumento até não se constatar nenhum aumento no número de colônias.

### Delineamento Experimental

Adotou-se o esquema fatorial, com três sistemas de manejo do solo, duas diluições, 5 dias de contagem das bactérias e três repetições.

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância a 5% de probabilidade de erro e aplicado o teste de agrupamento de Tukey através do programa estatístico Assistat 7.7 pt.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** encontram-se os resultados das contagens diárias de bactérias totais, nela pôde-se observar que houve uma variação de 0 a 156666,67x$10^{7}$ UFC $g^{-1}$ de solo seco para a diluição de $10^{-3}$ e de 0 a 2518,52x$10^{7}$ UFC $g^{-1}$ de solo seco para a diluição de $10^{-4}$.

Foram observadas após as 24 horas de incubação à 25º C as primeiras colônias nas placas de Petri nos sistemas de PAST e CN enquanto que no sistema de PC somente foi possível observar aparecimento de bactérias no terceiro dia para a diluição de $10^{-3}$ e a partir do quarto dia para a diluição de $10^{-4}$.

**Tabela 1.** Número de bactérias totais observadas durantes os dez dias de contagens.

| Sistemas | Tempo de Contagem (dias) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | UFC x $10^7$ $g^1$ solo seco | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 a 10 |
| PAST | 7777,78 | 7411,85 | 26666,67 | 27037,04 | 34074,07 |
| PC | 0 | 0 | 1851,85 | 2962,96 | 2962,96 |
| CN | 8148,15 | 94814,82 | 135555,56 | 151851,85 | 156666,67 |
| **Diluição $10^{-4}$** | | | | | |
| Sistemas | Tempo de Contagem (dias) | | | | |
| | UFC x $10^7$ $g^1$ solo seco | | | | |
| PAST | 259,26 | 703,70 | 962,96 | 814,82 | 814,82 |
| PC | 0 | 0 | 0 | 1111,11 | 1111,11 |
| CN | 592,59 | 1481,48 | 2037,04 | 2222,22 | 2518,52 |

Na **Tabela 2** fica mais evidente a dependência entre a quantidade de bactérias totais e a diluição. O maior número de bactérias foi constatado no inóculos menos diluídos das amostras de solos. Vieira e Nahas (2000) em seu trabalho verificaram ao estudar a variabilidade de bactérias em uma determinada amostra, diluições mais concentradas podem proporcionar um maior número de colônias por placa.

**Tabela 2.** Períodos de crescimentos das bactérias totais.

| Sistema | Diluição | Equação de regressão | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| PAST | $10^{-3}$ | 221,8x - 1071,8 | 0,87 |
| | $10^{-4}$ | 122,22x + 344,44 | 0,52 |
| PC | $10^{-3}$ | 888,89x - 1111,1 | 0,89 |
| | $10^{-4}$ | 333,33x - 555,56 | 0,75 |
| CN | $10^{-3}$ | 35407x + 3185,2 | 0,83 |
| | $10^{-4}$ | 459,26x + 392,59 | 0,91 |

Segundo Pimentel et al. (2016), as bactérias esporuladas dos solos possuem uma alta resistência às condições ambientais adversas, possuindo assim potencial para avaliar os impactos resultantes de ações antrópicas como adubação ou até mesmo perda de partes dos solos, por exemplo. Da mesma forma, a atividade bacteriana sob vegetação nativa de cerrado foi significativamente maior que em áreas de pastagem e em sistema convencional de feijão.

Na **Figura 1**, têm-se a quantidade de bactérias totais dos solos e do carbono orgânico presente nos três sistemas de manejo estudados. Houve uma correlação positiva e significativa entre as contagens de bactérias totais esporuladas com a quantidade de carbono orgânico nos solos estudados. Voroney (2007) afirma que a estrutura do solo é decorrente da interação entre a MOS e o tamanho das partículas como argila, silte e areia. Dependendo da distribuição desses atributos, diferentes microambientes podem ser formados, favorecendo ou desfavorecendo o crescimento microbiano.

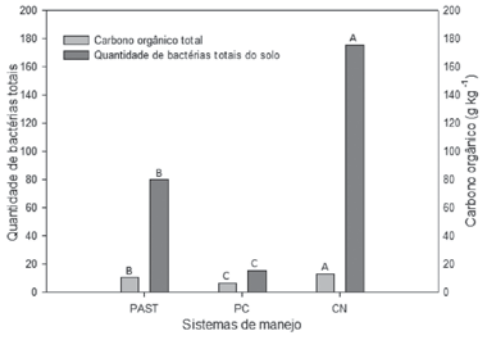



**Figura 1.** Determinação da quantidade de bactérias totais dos solos e do carbono orgânico nas profundidades de 0 a 20 cm dos três sistemas de manejo estudados na Região Oeste da Bahia

## CONCLUSÕES

O CN foi o sistema que apresentou maiores valores para a quantidade de bactérias.

**AGRADECIMENTOS:** À UNEB.

## REFERÊNCIAS

CARDOSO, A.; POTTER, O. R.; DEDECEK, A. R. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no Noroeste do Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 27, n. 2, p. 349-353, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Revisada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011

LAWLEY, R.A.; CAMPBELL, R.; NEWMAN, E.I. Compositionofthebacterialfloraoftherhizosphereofthreegrasslandplantsgrownseparatelyandin mixtures. **SoilBiologyandBiochemistry,** v.15, p.605-607, 1983.

PIMENTEL, Ida Chapaval; DIONÍSIO, J. A.; SIGNOR, D. Bactérias esporuladas. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2016.

SILVA, Maiara Adriano da. **Quantificação, identificaçãoe bioprospecção de fungos cultiváveis, de solo em recuperação, no semiárido Pernambucano**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

VAN BRUGGEN, A. H. C. & SEMENOV, A. M. In searchofbiologicalindicators for soilhealthanddiseasesuppression. App. S. Ec., 15:13-24, 2000.

VIEIRA, Dinamar Márcia et al. Identificação e a quantificação dos microrganismos presentes no solo cultivado com diferentes coberturas em sistema de plantio direto no verão(1) . Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

VORONEY, R. P. The soil habitat. In: PAUL, E. A. (Ed.). Soil microbiology, ecology, and biochemistry. 3. ed. Oxford: Academic Press, 2007. p. 32.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Determinação da Respiração Basal do Solo em Sistema Plantio Direto com diferença no manejo de espécies

Alana Maria Polesso[1]; Elston Kraft[2]; Edpool Rocha Silva[3]; Ernesto Hoff[4]; Renan de Souza Rezende[5]; Carolina R. Duarte Maluche Baretta[5]

[1]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Rua Servidão Anjo da Guarda, 295-D - Efapi, Chapecó - SC, 89809-900, alana.polesso@unochapecó.edu.br; [2]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC; [3]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ; [4] Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ; [5]Professor(a) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Univers idade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ.

## INTRODUÇÃO

O solo é um sistema aberto que congrega resíduos orgânicos de origem animal e vegetal, sendo a vegetação responsável pela deposição natural de material orgânico no solo (MOURA et al., 2015). O tipo de vegetação, as condições ambientais, o uso e manejo do solo são fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo, influenciando na taxa de decomposição do material depositado (SINGH; GUPTA, 2018). A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos organismos do solo, envolvendo macro e microrganismos, por meio dos quais podemos mensurar a qualidade do solo (GUARESCHI et al., 2012).

Sendo assim, o sistema plantio direto (SPD) se destaca frente pesquisas em manejo do solo que focam no desenvolvimento de sistemas que se adaptam as condições climáticas, culturais e sociais de cada região buscando práticas sustentáveis, contribuindo para a manutenção e melhoria da qualidade do solo e ambiente (BONILLA-BEDOYA et al., 2017; MURPHY et al.,2017). Além de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (MIRANDA, 2014).

A respiração basal do solo (RBS) é um dos parâmetros mais antigos e utilizado para quantificar a atividade microbiana nos sistemas de produção, permitindo fazer inferências sobre o teor e a decomposição da matéria orgânica, além de refletir na capacidade da sustentação da vida no solo (MOURA et al., 2015).

A respiração microbiana do solo é um processo que reflete na atividade biológica do solo, sendo definida como a produção de $CO_2$ resultante da soma de todos os processos metabólicos dos organismos vivos do solo (ARAUJO et al., 2012).

Este parâmetro demonstra-se bastante sensível quanto às mudanças que ocorrem no solo, seja por efeito climático, aeração, umidade, disponibilidade e qualidade do substrato disponível; e as bactérias e os fungos representam os principais responsáveis pela liberação do CO2 via degradação de material orgânico adicionado ao solo (SILVA et al., 2007).

Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a atividade microbiana medida pela respiração basal

do solo (RBS) em sistemas Plantio Direto com gradiente de produtividade da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Faxinal dos Guedes, no Oeste de Santa Catarina, onde foram amostradas duas áreas sob sistema plantio direto (SPD) consolidado.

As propriedades rurais apresentam diferentes gradientes de produtividade em cada área (Alta, Média e Baixa produtividade), caracterizadas por sistemas conservacionistas de produção escolhidas devido a diferenças quanto ao manejo das áreas (principalmente quanto às espécies de cobertura), em lavoura de produção de soja. Também foram realizadas amostragens em área de Mata Nativa (MN) próxima aos SPDs, considerada como área referência. Na primeira propriedade (SPD1) o cultivo da soja é realizado sob o SPD há 33 anos, com grande diversidade de espécies vegetais, principalmente espécies de cobertura de inverno, e utilização de rotação de cultura [Rotação de cultura: milho, trigo, soja, trigo, soja e aveia + nabo (*Raphanussativus* L.) + tremoço (*Lupinusalbus*) + centeio (*Secalecereale* L.) + ervilha forrageira (*Pisumsativum* L.) nos últimos três anos]. Na segunda propriedade (SPD2) o cultivo ocorre em plantio direto consolidado com mais de 8 anos e diferencia-se pelo menor aporte e diversidade de material vegetal, bem como utilização de sucessão de culturas [sucessão de soja e aveia (*Avena strigosa*) e soja e nabo]. As amostras de solo foram coletadas durante a fase reprodutiva da soja (estádios R1 à R2) em janeiro de 2020.

### Amostragem

Foi realizada utilizando uma grade amostral de 3 × 3, totalizando 9 pontos amostrados, com espaçamento entre cada ponto de 30 m, dentro de cada gradiente de produtividade das áreas (Alta, Média e Baixa). Para a realização da coleta foi utilizado o Trado Holandês, em uma profundidade de 0-10 cm. A determinação da respiração basal do solo (RBS) foi realizada seguindo a metodologia de Alef e Nannipieri (1995), que consiste em incubar 50 g de solo no escuro a 28ºC, com quantificação diária do $CO_2$ liberado pela atividade respiratória dos microrganismos do solo até a estabilização do processo, que ocorreu aos 14 dias de incubação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo a maior taxa de emissão de C-CO2 ocorreu na MN (**Figura 1**), sendo reflexo do estímulo dado pelo fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de susceptibilidade à decomposição, originados da vegetação (CUNHA et al., 2012). Pode ser também que a atividade microbiana no solo da mata seja superior a observada no SPD1 e SPD2 devido à manutenção de uma faixa mais adequada de umidade e menores variações de temperatura, o que proporcionaria um ambiente mais propício para maior produtividade e atividade microbiana (LOUREIRO et al., 2016).

Em relação ao SPD1, os maiores valores de C-CO2 se encontram para o sistema de Alta Produtividade, conforme pode ser observado na Figura 1. Tal comportamento pode ser explicado por se tratar de uma área com maior aporte de serapilheira em relação às áreas de média e baixa produtividade, aumentando a quantidade de carbono disponível no ambiente, proporcionando condições para o aumento da atividade biológica, como observado por Cunha et al. (2012).

Para o SPD2, o sistema de baixa produtividade teve grande destaque (**Figura 1**). A biomassa microbiana do solo é uma ferramenta importante no processo de tomada de decisão para a manutenção sustentável da exploração agropecuária, visto que são perceptíveis as mudanças que ocorre no solo, exercendo funções

primordiais para o funcionamento biológico do mesmo (GRUGIKI et al., 2017).

Diversos fatores podem atuar sobre a comunidade microbiana do solo como aeração temperatura, disponibilidade de nutrientes, podendo promover a alterações no acúmulo e transformações da matéria orgânica, ciclagem e disponibilidade de nutriente para as plantas (LOUREIRO et al., 2016).

O aumento dos valores de respiração basal após o preparo do solo está relacionado às perturbações que o solo e as populações microbianas sofrem (NASCIMENTO et al., 2009). Porém, segundo Islam e Weil (2000), altas taxas de respiração podem indicar ou não algum tipo de distúrbio no solo; por esse motivo, a análise da respiração basal não deve ser feita isoladamente e sim, em conjunto, com outros atributos de estudo microbiológico. Dentro deste contexto, dados como os apresentados acima devem ser avaliados de maneira cuidadosa em cada contexto.

Os dados obtidos sugerem que em áreas com menor aporte de espécies vegetais e composição de serapilheira maiores valores de RBS podem estar associado a uma condição de estresse microbiano; enquanto áreas de maior aporte vegetal e serapilheira promovem maiores valores de RBS talvez não como resultado de estresse microbiano, mas sim da maior taxa de decomposição dada pelo maior aporte vegetal.

Recomenda-se a continuação das avaliações utilizando outros parâmetros microbianos, como por exemplo, a avaliação de serapilheira acumulada e matéria orgânica total em cada uma das áreas para uma melhor interpretação dos dados da atividade microbiana.

## CONCLUSÕES

O manejo de espécies vegetais em SPD afeta os valores obtidos de respiração basal do solo (RBS) afetando a atividade metabólica microbiana. A área de plantio SPD1com maior diversidade de espécies apresentou a maior taxa de respiração basal dentro do sistema de alta produtividade, assim como a área de referência (Mata).

Para o SPD2 com menor diversidade de espécies os maiores valores de RBS ocorrem nas áreas de baixa produtividade.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Unochapecó e ao Programa de Bolsas do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – UNIEDU/FUMDES pela concessão da bolsa de estudo para o primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

Alef K, Nannipieri P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London: Academic Press. 1995. p. 576.

Araujo EA, Ker JC, Neves JCL, Lani JL. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. R. Bras de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. 2012; 5: 187-206.

Bonilla-Bedoya S, López UM, Vanwalleghem T, Herrera MMA. Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the Western Amazon. Soil Science. 2017; 182:128-136.

Cunha EQ, Stone LF, Ferreira PB, Didonet EP, Moreira JAA. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. R. Bras de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2012; 16: 56-63.

Grugiki MA, Andrade FV, Passos RR, Ferreira ACF. Decomposição e atividade microbiana da serrapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. Floresta e Ambiente. 2017; 24: 2-12.

Guareschi R, Pereira MG, Perin A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado Goiano. R. Bras. Ciências do Solo. 2012; 36: 909-920.

Islam KR, Weil RR. Land use effects on soil quality in a tropical Forest ecosystem of Bangladesh. Agriculture Ecosystems and Environment. 2000; 15: 9-16.

Loureiro DC, Polli H, Aquino AM, Sá MMF, Guerra JGM. Influência do uso do solo sob a conservação de carbono na biomassa microbiana em sistemas orgânicos de produção. R. Bras Agro. 2016; 11: 01-10.

Mazurana M, Fink JR, Camargo E, Schnitt RA, Camargo FAO. Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil. R. De Ciências Agrárias. 2013; 36: 288-296.

Miranda, RS. O agronegócio da soja no Brasil: Do estado ao capital privado. R. Norus. 2014; 1:122-141.

Moura JA, Gonzaga MIS, Anjos JL, Rodrigues AP, Leão TDS, Santos LCO. Respiração basal e relação de estratificação em solo cultivado com citros e tratado com resíduos orgânicos no estado de Sergipe. R. Ciências Agrárias. 2015; 36: 731-746.

Murphy SR, Boschma SP, Harden S. Soil water dynamics and dry-matter production of old man saltbush-, native grass- and lucerne-based pastures in a variable summer-dominant rainfall environment, Australia. Grass and Forage Science. 2017; 72: 290-307.

Nascimento JB, Carvalho GD, Cunha EQ, Ferreira EPD B, Leandro WM, Didonet A. Determinação da biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistemas de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes. R. Bras. Agro. 2009; 4: 4240-4243.

Silva EE, Azevedo PHS, De-polli, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO2). 1a ed. Seropédica-RJ: Embrapa Agrobiologia; 2007. (Comunicado técnico, 99).

Singh JS, Gupta VK. Soil microbial biomass: A key soil driver in management ofecosystemfunctioning. Science of The Total Environment. 2018; 634: 497-500.

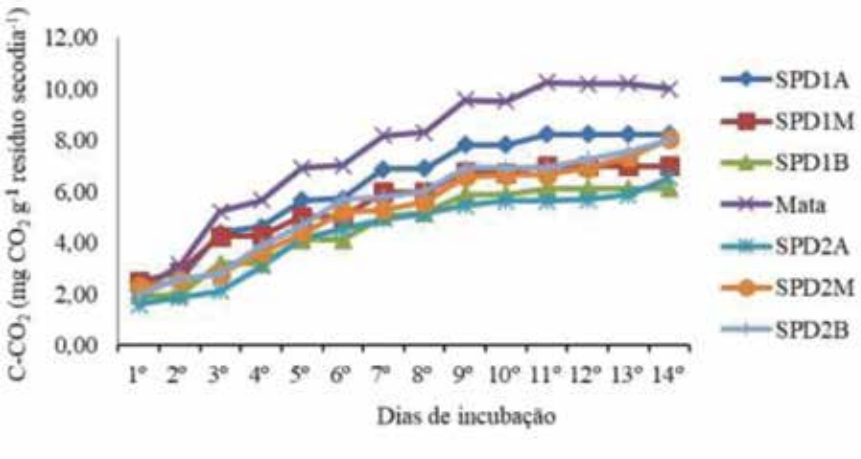



**Figura 1** - Somatório da Produção Diária de C-$CO_2$ (mg $CO_2$ $g^{-1}$ resíduo seco $dia^{-1}$) nas áreas de Plantio Direto (SPD1) e (SPD2) de Alta (A); Média (M) e Baixa (B) produtividade da soja, e Mata Nativa (MN).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Distribuição Espacial de Bioindicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Manejo de Inverno no Planalto do RS

Diego Armando Amaro da Silva[1]; Antônio Luis Santi[2]; Romano Augusto Martini Dal Bello[3]

[1]Engº Agrônomo, estudante de Doutorado, UFPel (Universidade Federal de Pelotas), Rua Guilherme Schaw, 1078, Campo Novo-RS, 98570-000, damaro.agro@gmail.com; [2]Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Ciências Agronômicas, UFSM, Frederico Westphalen – RS; [3]Engº Agrônomo, UFSM, Frederico Westphalen - RS.

## INTRODUÇÃO

O manejo agrícola acarreta inúmeras modificações na composição e diversidade dos organismos do solo, em diferentes graus de intensidade, em função de mudanças de habitat, fornecimento de alimento, criação de microclimas e competição intra e interespecífica (ASSAD, 1997), sendo parte ativa e sensível às interferências no ambiente agrícola, ocasionadas pelo manejo do solo e das culturas (BARETTA et al., 2003).

A agricultura de precisão (AP) vem se destacando como uma forma de gerenciamento localizado da lavoura, realizada através da disponibilização de ferramentas que permitem a identificação da variabilidade dos atributos da lavoura e sua intervenção de forma localizada (MOLIN, 1998; MENEGATTI et al., 2005), porém, a AP tem estado focada basicamente na avaliação de atributos químicos e físicos do solo (CORASSA et al., 2012).

Entretanto, quando os fatores químicos e físicos do solo já apresentam valores dentro de limites preconizados pelas recomendações e comissões de pesquisa e as relações desses parâmetros com a produtividade das plantas não são encontradas, novos fatores devem ser identificados (VIANA, 2005).

Neste sentido, surge a possibilidade de avaliação dos organismos edáficos, considerados bioindicadores de qualidade do solo (DORAN; ZEISS, 2000), ainda pouco pesquisados nas áreas com AP (CORASSA, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de dez sistemas de manejo de inverno na distribuição espacial de bioindicadores de qualidade edáfica no norte do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus do município de Frederico Westphalen, RS, com altitude média de 483 m, em um Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa.

O clima do local é subtropical de primavera úmida (STPU) com temperatura média anual de 18,1ºC, e precipitação pluvial anual média de 1.919 mm bem distribuídos ao longo do ano (MALUF, 2000).

### Tratamentos e amostragens

O experimento constou de coleta de cinco blocos de solo (TSBF adaptado, 10 cm de profundidade) por tratamento, 30 dias após a dessecação das mesmas, trilhadas manualmente, e identificadas e quantificadas posteriormente.

Os dez sistemas de inverno utilizados foram: aveia preta (Ap), aveia branca (AB), azevém (AZ), nabo forrageiro (NF), ervilhaca (E), consórcio aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca (ApNFE), consórcio aveia preta + nabo forrageiro (ApNF), consórcio aveia preta + ervilhaca (ApE), tremoço branco (TB), vegetação espontânea ou pousio (PO).

### Análise estatística

Para avaliação da fauna edáfica, focam quantificadas a abundância e diversidade dos organismos, além da quantificação da biomassa fresca (BF, em g $m^{-2}$), sendo ainda calculados os seguintes índices: dominância de Simpson (Is), diversidade de Shannon (H), e uniformidade de Pielou (J), usando o software DivEs 3.0.

Os dados foram analisados de acordo com o modelo de delineamento experimental inteiramente casualizado, submetidos à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ($p<0,05$).

Posteriormente foi efetuada correlação simples de Pearson entre a massa seca e os grupos coletados. Para as análises dos dados foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT, tomando como base os níveis de significância maiores que 95% ($p \leq 0,05$).

Para espacialização dos resultados foi utilizado o software SURFER 11® com interpolação através de krigagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da produção de massa da matéria seca (MS) das plantas cultivadas nos tratamentos analisados variaram de 0,73 a 8,76 Mg $ha^{-1}$, observados justamente nos sistemas de menor e maior produção (PO e ApE, com 1,47 e 8,10 Mg $ha^{-1}$, respectivamente).

Chauvat et al. (2003) e Corassa (2012), salientam que a abundância das ordens de organismos edáficos pode ser influenciada pela quantidade e qualidade do material vegetal presente (**Figura 1**), corroborando com o presente trabalho, visto que 73,70 % dos organismos coletados foram da ordem Hymenoptera, sendo mais da metade destes encontrados no PO, sistema de menor produção de resíduos, fazendo com que houvesse correlação negativa moderada entre a produção de MS e ocorrência desta ordem ($r = -0,36$), indicando que a falta de palhada proporciona maior abundância destes organismos.

Além disso, a presença destes organismos indicou menor diversidade de organismos, apresentando correlações moderadas a fortes desta com os índices avaliados (Is, H e J), obtendo ainda valores de $r = 0,99$ e $r = -0,33$ para a abundância e riqueza, respectivamente, fato que é visível na **Figura 1**, servindo como indicador degradação ambiental das áreas segundo Santos et al. (2006).

A ordem Oligochaeta apresentou interferência da produção de MS dos sistemas, com fraca-moderada correlação positiva ($r = 0,38$) com esta, possuindo maior abundância nos sistemas Ap, TB, ApNFE e ApE, e menor no sistema PO, tratamentos de maior e menor produção de MS, com 5,99; 7,46; 5,65; 8,10 e 1,47 Mg $ha^{-1}$, respectivamente.

Sua ocorrência explicou fortemente a biomassa fresca (BF) na área experimental ($r = 0,85$), visto que nos três sistemas de menor peso da fauna do solo, composto por AB, E e PO, com 17,3; 23,8 e 12,9 g $m^{-2}$, foram justamente os de menores observações deste grupo, evidenciando a importância desta ordem.

A ordem Oligochaeta ainda apresentou correlações moderadas com a riqueza e os índices

de diversidade e uniformidade avaliados (Is, H e J), com sua presença indicando ambiente de maior diversidade de organismos e, portanto, maior qualidade do solo, corroborando com vários trabalhos da literatura (LAVELLE et al., 2001; BLANCHART et al., 2004; BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010).

A riqueza de ordens se apresentou moderadamente correlacionada com as ordens Oligochaeta e Aranae (r = 0,54 e 0,67, respectivamente), além da correlação negativa com Hymenoptera, como destacado acima, explicando os resultados encontrados em Ap, AZ e ApNF, visto que as duas primeiras ordens ocorreram em grande número nestes sistemas, enquanto apresentou baixo número de Hymenoptera.

Com base nos índices avaliados, pode-se afirmar que os sistemas de maior diversidade e qualidade edáfica, foram as gramíneas Ap e AZ, e os consórcios ApNF e ApE, enquanto os de maior dominância e menor equitabilidade, foram P0, seguido de AB e E.

Segundo Correia (2002) e Nunes et al. (2009), a sensibilidade dos organismos do solo aos diferentes sistemas de culturas refletem claramente o quanto uma prática pode ser considerada conservativa do ponto de vista da estrutura e fertilidade do solo, indicando o sucesso na construção da qualidade do solo nos sistemas Ap, AZ e ApNF, e degradação do sistema solo, principalmente no sistema pousio invernal (P0), indicando que além da baixa produção de resíduos culturais, este sistema não é sustentável ao longo do tempo.

## CONCLUSÕES

Os sistemas aveia preta, azevém, e aveia preta + nabo forrageiro apresentaram maiores índices de diversidade de Shannon e de uniformidade de Pielou, além de menor índice de dominância de Simpson, a contraposto do pousio, que apresentou maior abundância, menor riqueza e pior desempenho nos índices, indicando degradar a qualidade do solo.

A ordem Hymenoptera evidenciou correlações negativas com a diversidade, além de apresentar forte dominância nos locais com pouca matéria seca e baixa riqueza de ordens, sendo considerada bioindicadora de degradação do solo.

A ordem Oligochaeta se mostrou fortemente associada a produção de massa seca, além de apresentar correlações com a riqueza e índices de diversidade, sendo responsável por 80% da biomassa total da fauna coletada, sendo considerada bioindicadora de qualidade do solo.

As ferramentas de agricultura de precisão (coleta georreferenciada, uso de geoestatística, elaboração de mapas temáticos, etc) fornecem um instrumento de grande importância no melhor entendimento das variáveis que afetam e são afetadas pela qualidade do solo, além de propiciar melhor conhecimento da ecologia e comportamento dos organismos do solo.

**AGRADECIMENTOS:** Aos colegas de mestrado Patrícia, André, Douglas e Marlo pelo auxílio no planejamento, coletas e triagem manual das amostras de solo. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante o período de experimento.

## REFERÊNCIAS

Assad MLL. Fauna do solo. In: Vargas, MAT.; Hungria M., (Ed.). Biologia dos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.

Baretta D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. R. Ci. Agroveterinárias. 2003;2:97-106.

Blanchart E. et al. Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion: a review. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2004;104:303-315.

Brown GG, Domínguez J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – o 3º encontro latino americano de ecologia e taxonomia de oligoquetas (elaetao3). Zoológica Mexicana. 2010;2:1-18.

Chauvat M, Zaitsev AS, Wolters V. Successional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. Oecologia, 2003;137:269-276.

Corassa GM. Técnicas de Agricultura de Precisão aplicadas à avaliação da distribuição espacial da fauna edáfica em Sistema Plantio Direto [dissertação]. Frederico Westphalen: Universidade Federal de Santa Maria; 2012.

Correia MEF. Potencial de utilização dos atributos das comunidades da fauna do solo e de grupos chaves de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2002. (Documentos, n. 157).

Doran JW, Zeiss MR. Soil health and sustainability: managing the biotic vompont of soil quality. Applied Soil Ecology. 2000;15:3-11.

Lavelle P. et al. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2001;61:53-61.

Maluf JRT. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. R; Bras. Agrometeorologia. 2000;8:141-150.

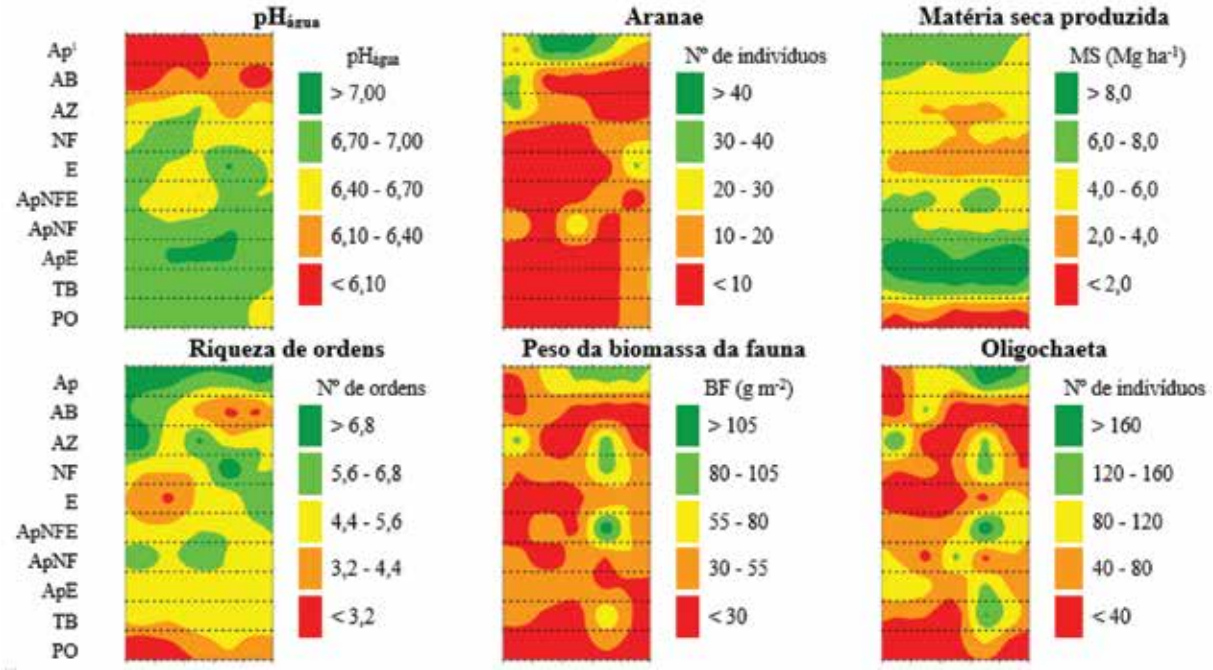
Molin JP. Utilização de GPS em agricultura de precisão. Eng. Agríc. 1998;17:121-132.

Menegatti LAA. et al. Estudo de caso sobre investimento agrícola: oportunidades com agricultura de precisão. ALCOOLbrás, 2005;95:78-85.

Nunes LAPL. Araújo Filho JA, Menezes RI. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. Scientia Agraria. 2009;10:43-49.

Viana JHM. Distribuição espacial de atributos físico-químicos, mineralógicos e micromorfológicos de Latossolos visando o mapeamento de áreas produtivas [tese]. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; 2005.

Santos MS. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidade) da serrapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, 2006;96:95-101.




[1]Ap = aveia preta; AB = aveia branca; AZ = azevém; NF = nabo forrageiro; E = ervilhaca; ApNFE = aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca; ApNF = aveia preta + nabo forrageiro; ApE = aveia preta + ervilhaca; TB = tremoço branco; PO = pousio invernal.

Figura 1. Distribuição espacial dos atributos químicos e biológicos do solo, e produção de matéria seca das plantas em sistemas de manejo de inverno.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Ecotoxicidade e risco da clotianidina para colêmbolos *Folsomia candida*

Thalia Smaniotto Graciani[1]; Felipe Ogliari Bandeira[2]; Thuanne Bráulio Hennig[3]; Rafael Soares Araujo[4]; William Gerson Matias[5]; Paulo Roger Lopes Alves[6]

[1]Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Distrito de Fernando Machado, S/N, Cordilheira Alta – SC, 89819-000, thaalia_thaly@hotmail.com; [2]Doutorando em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); [3]Mestranda em Ciência do Solo; Universidade do Estado de Santa Catarina; [4]Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária; Universidade Federal da Fronteira Sul; [5]Professor; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; [6]Professor; Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

## INTRODUÇÃO

Os neonicotinoides são inseticidas sistêmicos sintéticos empregados para a proteção de culturas agrícolas, sendo altamente eficazes no combate de pragas que se alimentam de seiva e dos tecidos vegetais da planta (PISA et al., 2015; BASS; FIELD, 2018). Os inseticidas dessa classe vêm sendo utilizados principalmente no tratamento químico de sementes, de maneira a garantir um bom desenvolvimento das plantas no estágio inicial de crescimento.

A clotianidina é um dos neonicotinoides pertencentes ao grupo das N-nitroguanidinas, ao qual estão inclusos também o imidacloprido, o tiametoxam e o dinotefuran (GOULSON, 2013). Esta molécula atua como agonista dos receptores nicotínicos de acetilcolina no sistema nervoso central dos insetos, causando paralisia e consequente morte dos organismos expostos (IHARA et al., 2004). Embora este ingrediente ativo (i.a.) seja importante para o controle de pragas e, consequentemente, para garantir bons níveis de produção de alimentos, existem evidências de que pelo menos 80% do resíduo dos agrotóxicos aplicados no revestimento de sementes permaneçam no solo após a germinação da semente (SUR e STORK, 2003). Além disso, a clotianidina apresenta degradação lenta em solos aeróbicos, podendo persistir no ambiente durante centenas de dias (GOULSON, 2013).

Apesar de sua presença no solo causar efeitos prejudiciais sobre invertebrados não-alvo do solo (WANG et al., 2015; BASLEY & GOULSON, 2017; RITCHIE et al., 2019), até o momento, apenas um número limitado de estudos investigou os impactos da clotianidina sobre espécies edáficas, com maior destaque para os efeitos tóxicos sobre minhocas (BASLEY E GOULSON, 2017; LIU et al., 2017). Entretanto, os potenciais efeitos deste inseticida sobre outros organismos da fauna invertebrada do solo, tal como os colêmbolos, os quais desempenham importantes funções de suporte aos serviços ecossistêmicos, ainda são pouco conhecidos (RITCHIE et al., 2019; DE LIMA E SILVA et al., 2019).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade crônica e o risco de uma formulação inseticida para o trata-

mento de sementes à base de clotianidina para colêmbolos *Folsomia candida* em um Solo Artificial Tropical (SAT).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Organismo Teste

Colêmbolos da espécie *F. candida* foram utilizados para avaliar os efeitos de toxicidade crônica da clotianidina, seguindo as recomendações da norma ISO 11267 (ISO, 2014). Os organismos foram criados em laboratório, em sala climatizada com temperatura de 20 ± 2 ºC e fotoperíodo de 12 h.

### Solo Teste

O substrato utilizado no teste ecotoxicológico foi o SAT (Garcia, 2004), o qual foi constituído por uma mistura de areia fina, argila caulinita e fibra de coco moída, na proporção de 75:20:5, respectivamente. O pH do SAT foi ajustado para 6,0 ± 0,5 através da adição de $CaCO_3$.

### Substância Teste

A formulação comercial INSIDE FS (600 g de clotianidina $L^{-1}$) foi utilizada para o estudo, pois trata-se de um inseticida utilizado para o tratamento de sementes no Brasil.

Imediatamente antes do início do ensaio, porções de SAT foram contaminadas com concentrações crescentes de clotianidina, sendo 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 1,0; 3,0; 10,0 mg de clotianidina por kg de solo seco (mg kg-1). Foi realizado um tratamento controle, onde o solo recebeu apenas água destilada. A umidade do solo de todos os tratamentos foi ajustada para 60% da capacidade de retenção de água do SAT.

### Ensaio de toxicidade crônica

Para o ensaio de toxicidade crônica com os colêmbolos (ISO, 2014), foram adicionados trinta gramas de solo úmido (contaminado/controle) em recipientes cilíndricos de vidro. Sequencialmente, foram adicionados 10 colêmbolos com idade entre 10 e 12 dias de vida, e cinco miligramas de levedura granulada seca foi fornecida como alimento aos organismos. Foram preparadas quatro réplicas por tratamento. Os recipientes foram fechados hermeticamente e, duas vezes por semana, foram abertos para permitir a troca de ar e fazer ajuste da umidade do solo, com base na diferença de peso do recipiente. Após 14 dias do início do teste, os organismos foram novamente alimentados. No 28º dia de exposição, o conteúdo das réplicas foi transferido para um recipiente maior e submerso em água para promover a flutuação dos colêmbolos sobreviventes. Foram adicionadas algumas gotas de tinta preta à água para facilitar a visualização dos colêmbolos e em seguida, cada réplica foi fotografada para posterior contagem dos indivíduos juvenis através do software ImageJ.

### Análise estatística

Os dados foram avaliados no software Statistica 7.0. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente, ao teste de Dunnett ($p<0,05$), onde a média de cada tratamento contendo clotianidina foi comparada com o tratamento controle, o que permitiu a determinação da concentração de efeito não observado (CENO) e da concentração de efeito observado (CEO).

Através de um modelo de regressão logístico aos dados de juvenis, foram estimadas as concentrações de efeito que reduzem em 10 e 50% a reprodução dos colêmbolos (CE10 e CE50, respectivamente), em relação ao controle.

O risco da exposição dos colêmbolos à clotianidina foi estimado através da metodologia descrita em EC (2002). Foi assumida uma concentração de clotianidina prevista no ambiente (CPA) de 0,45 mg i.a. $kg^{-1}$, valor baseado na quantificação feita por Chowdhury et al. (2012).

A Razão Toxicidade Exposição (RTE) foi calculada através da razão entre o valor de $CE_{10}$ e a CPA (RTE = $CE_{10}$/CPA); valores de RTE < 5 indicam que há risco significativo/inaceitável para a espécie estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tratamento controle, a mortalidade média dos colêmbolos adultos foi de 5%, e o valor médio de juvenis gerados (± desvio padrão) foi de 232 ± 35. O coeficiente de variação do tratamento controle foi de 15,2%. Desta forma, todos os critérios de validação do teste estabelecidos pela ISO 11267 (ISO, 2014) foram atendidos.

Verificou-se redução significativa no número médio de juvenis de *F. candida*, e aumento na mortalidade de adultos da espécie a partir da concentração de 0,3 mg $kg^{-1}$ (**Figura 1**). A CE10 foi estimada em 0,08 (0,04 – 0,12) mg $kg^{-1}$ e a CE50 em 0,16 (0,11 – 0,21) mg kg-1 (**Tabela 1**).

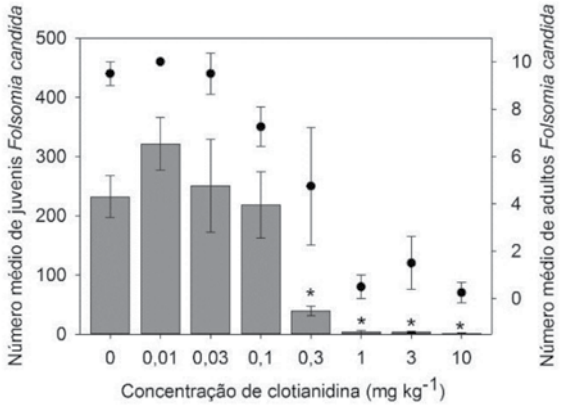



**Figura 1.** Número médio de colêmbolos *Folsomia candida* juvenis (barras verticais; eixo da esquerda) e adultos (pontos; eixo da direita) encontrados em Solo Artificial Tropical (SAT), após 28 dias de exposição a concentrações crescentes de clotianidina. O asterisco (*) indica redução significativa do número médio de juvenis do tratamento, em relação ao controle (p<0,05).

**Tabela 1.** Parâmetros ecotoxicológicos do teste de toxicidade crônica com colêmbolos Folsomia candida em Solo Artificial Tropical (SAT). CPA: Concentração de clotianidina Prevista no Ambiente. Razão Toxicidade Exposição (RTE) = $CE_{10}$ / CPA.

| Parâmetro | Concentração (mg $kg^{-1}$) |
|---|---|
| CENO | 0,1 |
| CEO | 0,3 |
| $CE_{10}$ | 0,08 (0,04 - 0,12)[a] |
| $CE_{50}$ | 0,16 (0,11 - 0,21)[a] |
| CPA | 0,45[b] |
| RTE | 0,18[c] |

[a]Intervalos de confiança de 95%.

[b]Valor obtido de Chowdhury et al. (2012).

[c]RTE < 5 indicando risco significativo.

Até o momento, o efeito da clotianidina sobre colêmbolos foi estudado apenas por De Lima e Silva et al. (2019), onde o ingrediente ativo puro foi utilizado nos testes, e por Ritchie et al. (2019), que utilizaram uma formulação comercial à base de clotianidina, específica para tratamento de sementes de batata. Desta maneira, nosso estudo fornece uma nova perspectiva dos efeitos ecotoxicológicos de uma formulação à base de clotianidina com aplicação no tratamento de sementes de uma maior variedade de culturas agrícolas, tal como milho, soja, algodão e feijão, além de ser o primeiro estudo a investigar os efeitos deste inseticida em um substrato representativo de regiões de clima tropical. No entanto, apesar das diferenças entre substâncias testadas e solos utilizados nos estudos da literatura, em relação ao nosso experimento: RITCHIE et al. (2019) utilizaram um solo natural franco arenoso, e DE LIMA & SILVA et al. (2019) utilizaram um solo natural LUFA 2.2; é possível constatar que as CE50 estimadas pelos autores (0,069 e 0,05 mg $kg^{-1}$, respectivamente) são da mesma ordem de grandeza do que a obtida neste trabalho, o que

indica que apesar das diferenças metodológicas entre os estudos, os efeitos tóxicos da clotianidina se mostraram relativamente semelhantes.

Os efeitos tóxicos da clotianidina sobre os colêmbolos provavelmente estão relacionados com o modo de ação desta molécula, que atua no sistema nervoso central dos organismos como agonista nos receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChRs), provocando paralisia e morte devido à superexcitação do sistema nervoso (GOULSON et al., 2013; JESCHKE et al., 2011).

A toxicidade da clotianidina também já foi observada em outras espécies de invertebrados não-alvo do solo, como minhocas. Os valores de CE50 obtidos variaram de 0,26 a 0,70 mg $kg^{-1}$ e 0,368 mg $kg^{-1}$ para minhocas *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*, respectivamente (RITCHIE et al., 2019; DE LIMA & SILVA et al., 2019; WANG et al., 2015). Basley & Goulson (2017) utilizaram minhocas *Lumbricus terrestris* e não encontraram efeito negativo em seus pesos. Para o ácaro *Oppia nitens*, nenhum efeito sobre reprodução e sobrevivência foi observado por Ritchie et al. (2019) até a concentração de 92 mg $kg^{-1}$. Com base nos valores de toxicidade da clotianidina para as espécies da fauna do solo estudadas até o momento, é possível constatar que os colêmbolos *F. candida* apresentam maior sensibilidade para este inseticida, o que provavelmente se deve à maior seletividade dos neonicotinoides pelos nAChRs dos artrópodes quando comparado a outras espécies, tal como oligoquetas (AKEJU, 2014).

A abordagem RTE revelou que houve risco significativo da clotianidina para a espécie de colêmbolos testada, visto que o valor de risco obtido foi inferior a 5 (**Tabela 1**). A concentração de clotianidina potencialmente presente em solo agrícola (0,45 mg $kg^{-1}$; CHOWDHURY et al., 2012) foi aproximadamente cinco vezes maior que o CE10 (0,08 mg $kg^{-1}$), evidenciando que a reprodução de colêmbolos pode vir a ser afetada a nível de campo. De maneira semelhante, De Lima e Silva et al. (2019) encontraram risco significativo tanto para *F. candida*, quanto para *Eisenia andrei*, o que indica que a clotianidina pode representar risco para populações de invertebrados não-alvo do solo, e que estudos complementares precisam ser realizados a nível de campo para confirmar os resultados obtidos em laboratório.

## CONCLUSÕES

Neste estudo observamos que uma formulação comercial para tratamento de sementes, à base de clotianidina, causou efeito deletério sobre a sobrevivência e reprodução de colêmbolos *F. candida* a partir da concentração de 0,3 mg $kg^{-1}$, com CE50 estimado de 0,16 mg $k^{-1}$. A análise de risco através da Razão Toxicidade Exposição (RTE) indicou que há risco significativo da exposição de colêmbolos à concentração de clotianidina potencialmente presente em solos agrícolas.

**AGRADECIMENTOS**: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do Projeto Universal nº. 407170/2016-2 e da bolsa de doutorado de F.O.B., processo nº. 140900/2020-9.

## REFERÊNCIAS

Akeju T0. Assessment of the Effects of the Neonicotinoids Thiacloprid and Acetamiprid on Soil Fauna. 2014:57

Basley K, Goulson D. Effects of chronic exposure to clothianidin on the earthworm *Lumbricus terrestris*. 2017. https://doi.org/10.7717/peerj.3177

Bass C, Field LM. Neonicotinoids. Curr Biol. 2018;28:R772-3. https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.061

Chowdhury S, Mukhopadhyay S, Bhattacha-

ryya A. Degradation dynamics of the insecticide: Clothianidin (dantop 50% WDG) in a tea field ecosystem. Bull Environ Contam Toxicol. 2012;89:340-3. https://doi.org/10.1007/s00128-012-0671-2

De Lima e Silva C, De Rooij W, Verweij RA, van Gestel CAM. Toxicity in Neonicotinoids to *Folsomia candida* and *Eisenia andrei*. Environ Toxicol Chem. 2020;39:548-55. https://doi.org/10.1002/etc.4634

EC, 2002. SANCO/10329/2002 - Final Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology 607 under Council Directive 91/414/EEC. European Commission Health & Consumer 608 Protection Directorate - General. E1-Plant Health

Garcia MVB. Effects of pesticides on soil fauna: Development of ecotoxicological test methods for tropical regions. Ecol Dev Ser No 19. 2004

Goulson D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. J Appl Ecol. 2013;50:977-87. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111

Ihara M, Matsuda K, Shimomura M, Sattelle DB, Komai K. Super agonist actions of clothianidin and related compounds on the SADβ2 nicotinic acetylcholine receptor expressed in *Xenopus laevis* oocytes. Biosci Biotechnol Biochem. 2004;68:761-3. https://doi.org/10.1271/bbb.68.76

ISO. Soil quality - Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil contaminants. ISO 11267. Genève, Switz. 2014

Jeschke P, Nauen R, Schindler M, Elbert A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. J Agric Food Chem. 2011;59:2897-908. https://doi.org/10.1021/jf101303g

Liu T, Wang X, You X, Chen D, Li Y, Wang F. Oxidative stress and gene expression of earthworm (*Eisenia fetida*) to clothianidin. Ecotoxicol Environ Saf. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.012

Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Downs CA, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Liess M, Mcfield M, Morrissey CA, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark JD, Van Der Sluijs JP, Van Dyck H, Wiemers M. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environ Sci Pollut Res. 201522:68-102. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x

Ritchie EE, Maisonneuve F, Scroggins RP, Princz JI. Lethal and Sublethal Toxicity of Thiamethoxam and Clothianidin Commercial Formulations to Soil Invertebrates in a Natural Soil. Environ Toxicol Chem. 2019;38:2111-20. https://doi.org/10.1002/etc.4521

Robin SUR, Stork A. Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. Bull Insectology. 2003;56:35-40

Wang K, Pang S, Mu X, Qi S, Li D, Cui F, Wang C. Biological response of earthworm, *Eisenia fetida*, to five neonicotinoid insecticides. Chemosphere. 2015;132:120-6. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.002

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito das Plantas de Cobertura na Atividade Microbiana de Canteiros

Paloma Cunha Saraiva[1]; Kyvia Corrêa Nolêto[2]; Vanessa Pereira Rodrigues Reis[2]; Pâmalla Grazielly Carvalho Morais[1]; Cintía Bezerra Rocha[3]; Cácio Luiz Boechat[4]

[1]Estudante de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Rua Bernadino Pinheiro, 690, Bom Jesus, Piauí, 64900-000, palomasaraiva.pi@gmail.com; [2]Estudante de Engenharia Agronômica, UFPI; [3]Bacharel em Engenharia Agronômica, UFPI; (4) Professor adjunto Campus Professora Cinobelina Elvas, UFPI.

## INTRODUÇÃO

O manejo do solo altera a estrutura e funcionamento da comunidade microbiana do solo (SILVA et al., 2013), sendo assim a biomassa microbiana um bom indicador de sustentabilidade do sistema de produção adotado (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

Os microrganismos do solo desempenham um papel fundamental na manutenção, funcionamento e sustentabilidade dos agroecossistemas, principalmente através da regulação de carbono (C) e nitrogênio (N) com implicações diretas sobre a fertilidade do solo e a nutrição das plantas (SILVA et al., 2013).

As plantas de cobertura têm efeito nas propriedades biológicas do solo, funcionando como recicladoras de nutrientes (SILVEIRA et al., 2010). As gramíneas, junto com as leguminosas, constituem as principais famílias quando se trata de cobertura vegetal. Apresentam crescimento vegetativo vigoroso tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, contribuindo para o aporte de resíduoas na superfície e formação de canais que facilitarão o crescimento das raízes da cultura subsequente (WANG et al., 1986).

O devido trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das plantas de coberturas na atividade microbiana do solo em canteiros sob diferentes profundidades.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Tratamentos e amostragens

O estudo foi desenvolvido em área experimental de Latossolo amarelo distrófico típico, localizada no município de Bom Jesus - PI, cuja coordenada geográfica é 09º04`28" S e 44º21´31" O.

Foram construídas parcelas no formato de canteiros. Cada parcela correspondia a três repetições. As parcelas foram instaladas seguindo um delineamento de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições.

Os tratamentos foram compostos por nove tipos de coberturas: *Crotalaria juncea* (CJ), *Crotalaria spectabilis* (CS), *Crotalaria ochroleuca* (CO), Milheto (MI), Feijão-guandu (FG), Feijão-deporco (FP), grama morta (GR) Consórcio de *Crotalaria spectabilis* e Milheto (CS + MI) e testemunha sem cobertura (SC). Estas foram semeadas na mesma semana com espaçamento de 20 centímetros para cada linha.

Foi realizada coleta logo após os desbastes das plantas no início do florescimento nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20cm onde seis amostras coletadas em zigue-zague compuseram uma amostra composta.

A quantificação de carbono e nitrogênio microbiano do solo foi realizado pelo método de radiação-extração utilizando forno de micro-ondas (MENDONÇA; MATOS, 2005).

A respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pela quantificação do $CO_2$ liberado de acordo a metodologia descrita em Silva (2007). A partir dos resultados da respiração basal das amostras de solo e do carbono microbiano foi calculado o quociente metabólico ($qCO_2$), que representa a quantidade de C-$CO_2$ evoluído por unidade de carbono microbiano, calculado sendo relação entre a quantidade de carbono liberada na respiração basal e a quantidade de carbono quantificada na biomassa microbiana (MENDONÇA; MATOS, 2005).

### Análise estatística

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos ao teste de normalidade e à análise de variância pelo teste F. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scoott-Knott ($p<0,05$), utilizando-se o programa estatístico SISVAR® versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise de Variância

Verificou-se interação entre plantas de coberturas para todos os atributos microbiológicos, exceto para RBS e relação carbono e nitrogênio microbiano (Tabela 1).

Coeficiente de variação dos atributos microbianos assemelham-se ao estudo de Mazzuchelli (2016), demonstrando desta forma normalidade dos resultados para a devida avaliação.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (ANOVA) dos atributos microbianos do solo em profundidade com plantas de cobertura.

| F.V.[1] | GL | Quadrado Médio | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RBS | $C_{mic}$ | $N_{mic}$ | $qCO_2$ | Rel $C_{mic}/N_{mic}$ |
| Cobertura | 8 | 50.29$^{ns}$ | 97722.3* | 163.4* | 128576.9* | 106.58* |
| Profundidade | 2 | 4.97$^{ns}$ | 71181.1* | 1026.5* | 165049.1* | 275.9* |
| Cob x Prof | 12 | 35.20$^{ns}$ | 96853.7* | 115.63$^{ns}$ | 191431.3* | 90.31* |
| C.V. (%)[2] | | 12.60 | 27.11 | 22.75 | 45.57 | 38.79 |

[1] – Fonte de variação; [2] – coeficiente de variação; RBS – respiração basal do solo, $C_{mic}$ – carbono da biomassa microbiana; $N_{mic}$ – nitrogênio da biomassa microbiana; $qCO_2$ – quociente metabólico; * e $^{ns}$ – significativo a 5% e não significativo, respectivamente

### Nitrogênio Microbiano

Na figura 1 é possível ver que os tratamentos sem cobertura e milheto demonstraram os maiores valores para $N_{mic}$. Pires (2019) também encontrou valores elevados para N no sistema de plantio direto.

Ao analisar a influência da profundidade, a camada mais superficial (0-5cm) apresentou valores menores em relação as demais (Figura 2).

Como não houve revolvimento do solo já que as culturas foram semeadas diretamente, os seus resíduos foram mantidos na superfície, ocorrendo inicialmente sua imobilização liquida (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

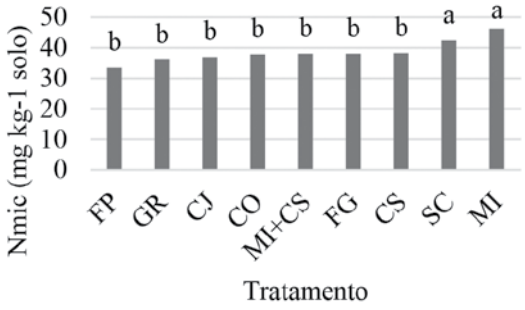



**Figura 1.** Nitrogênio da biomassa microbiana do solo com o uso de plantas de cobertura. *Letras minúsculas iguais não diferem os tratamentos pelo teste de Scoott-Knott a 5%.

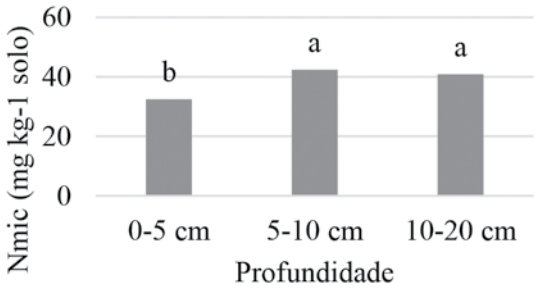



Figura 2. Nitrogênio da biomassa microbiana do solo em profundidade. *Letras minúsculas iguais não diferem as profundidades pelo teste de Scoot-Knott a 5%.

## Carbono Microbiano

A figura 3 dispõe dos resultados do carbono da biomassa microbiana. CJ e CO demonstraram os melhores resultados para o acúmulo de carbono microbiano na camada superficial do solo. (0-5 cm).

FG e MI não apresentaram variação nos teores de Cmic entre as profundidades estudadas. CO e MI + CS mantiveram a população microbiana na alta nas profundidades 0-5 e 5-10 cm.

O consórcio de MI + CS foi capaz de aumentar o acúmulo de carbono na profundidade 5-10 cm em relação aos tratamentos individualizados.

A grama na profundidade 10-20 cm demonstrou um aumento considerável da população microbiana em relação as demais profundidades mais superficiais.

Os valores elevados de Cmic estão diretamente relacionados com a maior imobilização temporária de nutrientes e, consequentemente, menor propensão a perdas de nutrientes no sistema soloplanta (MERCANTE et al., 2008).

## Quociente Metabólico

A figura 4 revela os tratamentos SC, GR para 0-5 cm, CJ, CS, FP para 5-10 cm, CJ, MI+CS para 10-20 cm demonstraram estresse, gastando mais energia para se manter (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Quando a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos $CO_2$ é perdido para a atmosfera e maior taxa de carbono é incorporada à biomassa microbiana, resultando em menores valores de $qCO_2$ (CUNHA et al., 2011). Desta forma, os tratamentos que indicam maior chance de acumular biomassa são CO, CS, MI, FP e FG (Figura 4).

Cardoso e Andreote (2016) explicam que o nitrogênio fica indisponível quando o resíduo possui alta relação C:N com no caso do milheto. Apesar disso, os resultados se contrariam a este trabalho podendo ser influenciado pela coleta precoce do solo, interferindo no resultado do efeito da cobertura.

De acordo a Moreira & Siqueira (2006), relações C:N abaixo de 20 servirão como fonte de nutriente já que a mineralização predominará sobre a imobilização, embora isso reduz o incremento de biomassa.

## CONCLUSÕES

Solo sem cobertura e coberto com resíduos de grama apresentaram comportamentos semelhante nas análises.

Houveram maiores acúmulos de Carbono microbiano para *C. ochroleuca*, *C. juncea*, feijão-guandu e milheto.

O nitrogênio microbiano foi pouco alterado em relação à cobertura e profundidade.

Os tratamentos não interviram na disponibilidade de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

Anderson JPE, Domsch KH. The metabolic quotient of $CO_2$ ($qCO_2$) as a specific activity paramenter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. Soil Biology and Biochemistry, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

Cardoso EJBN, Andreote FD. Microbiologia do solo. 2ª Edição. Piracicaba/SP: ESALQ, 2016.

Ferreira DF. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. revista brasileira de biometria, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

Mazzuchelli EHL. Produtividade da soja e efeitos na microbiologia do solo em sucessão de plantas de cobertura. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista- Unoeste, Presidente Prudente, São Paulo.

Mendonça ES, Matos ES. Matéria orgânica do solo; métodos de análises. Viçosa: UFV; 2005. 107 p.

Mercante FM, Silva R. F.; Francelino, C. S. F.; Cavalheiro, J.C.T.; Otsubo, A. A. Biomassa microbiana em um Argissolo Vermelho em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. Acta Scientiarum Agronomy, 5:479-485, 2008.

Moreira FMS, Siqueira JO. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006.

Pires MFM. Atividade microbiológica do solo e marcha de absorção de nutrientes da soja sobplantas de cobertura e preparo do solo. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí.

Silva AP, Babujia LC, Matsumoto LS, Guimarães MF, Hungria M. Bacterial Diversity Under Different Tillage and Crop Rotation Systemsin na oxisol of Southern Brazil; The Open Agriculture Journal, 7: 40-47, 2013.

Silva EE, Azevedo PHS, De-Polli H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ($qCO_2$). Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; 2007. (Comunicado técnico, 99).

Silveira PM, Stone LF. Plantas de cobertura dos solos do Cerrado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 218p.

Wang J, Hesketh JD, Woolley JT. Preexisting channels and soybean rooting patterns. Soil Science, v.141, p.432-437, 1986.

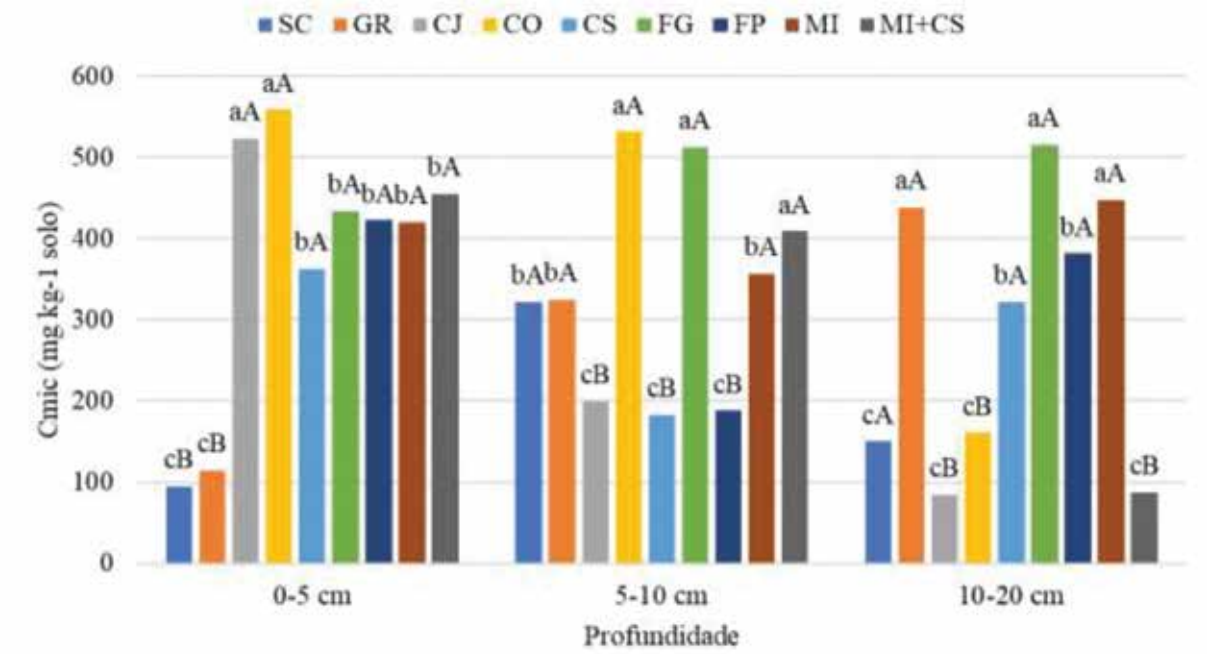



Figura 3. Carbono da biomassa microbiana do solo em profundidade após uso de plantas de cobertura. SC – sem cobertura, GR – grama, CJ– crotalária juncea, CO – crotalária ocroleuca, CS – crotalária espectabilis, MI – milheto, FG – feijão guandu, FP – feijão de porco, MI+CS – milheto + crotalária espectabilis. *Letras minúsculas iguais não diferem os tratamentos em cada profundidade e maiúsculas as profundidades dentro do tratamento pelo teste de Scoot-Knott a 5%.

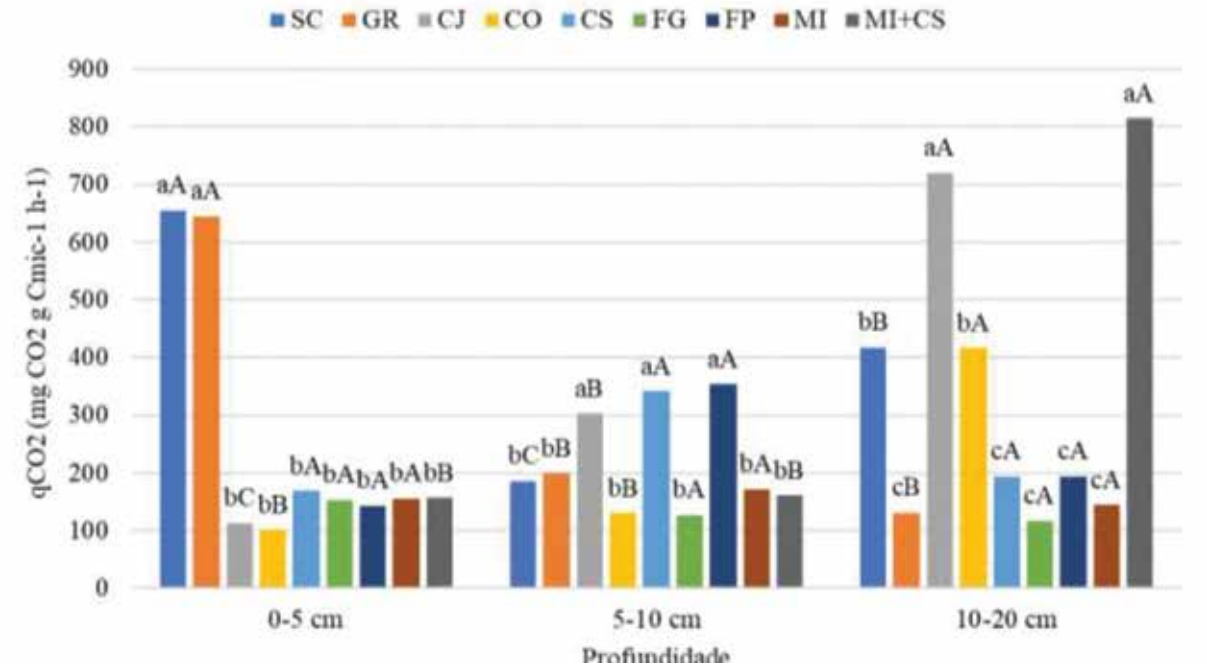



Figura 4. Quociente metebólico microbiano do solo em profundidade após uso de plantas de cobertura. *Letras minúsculas iguais não diferem os tratamentos em cada profundidade e maiúsculas as profundidades dentro de cada tratamento pelo teste de Scoot-Knott a 5%.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito de Plantações de Eucalipto na Funcionalidade do Solo no Bioma Pampa

Bruna Claudia S. Jorge[1]; Bruna Raquel Winck[2]; Luciana Regina Podgaiski[2]

[1]Mestranda; Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, Campus do Vale, Porto Alegre/RS, 91540-000; brunnaclaudia@hotmail.com;
[2] Pesquisadora de Pósdoutorado; Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## INTRODUÇÃO

O solo suporta e regula diversas funções no ecossistema, como a provisão de alimentos, estoque de carbono, regulação do ciclo da água e o controle de pragas e doenças (JÓNSSON; DAVÍÐSDÓTTIR, 2016). A biota edáfica atua ativamente nestes processos por afetar diretamente a decomposição do material orgânico, o que promove a ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo (BRIONES, 2018).

Dentre os organismos edáficos, os colêmbolos (Hexapoda: Collembola) são um dos mais abundantes e diversos grupos. Aumentam as taxas de decomposição por aumentar a fragmentação do material orgânico e controlar a microbiota através do pastoreio sobre fungos (KANEDA; KANEKO, 2008). Portanto, controlam o tamanho e atividade da comunidade microbiana do solo, que é a principal mediadora dos processos de decomposição e mineralização de nutrientes no solo (LI et al., 2009).

A composição e diversidade de espécies e a atividade de comunidades biológicas do solo não dependem somente de fatores naturais da formação do solo, mas também fatores antrópicos (TSIAFOULI et al., 2015). As mudanças no uso da terra, como por exemplo o cultivo de arvores exóticas, ocasionam perda de biodiversidade do solo ao redor do mundo todo, o que afeta negativamente sua funcionalidade e os benefícios providos (HAUTIER et al., 2018). A conversão de áreas nativas, sobretudo não florestais, em silvicultura, é considerada uma das atividades humanas que levam a perda de qualidade do solo, pois ocasionam mudanças físicas, químicas e biológicas do solo (ELLIS, 2011). Estudos têm demonstrado que plantações de eucalipto podem acidificar o solo (LEITE et al., 2010), levando a redução de diversidade de colêmbolos (WINCK et al., 2017) e da atividade microbiana (CHEN et al., 2013).

A resposta dos colêmbolos às estas mudanças que ocorrem no solo devido à conversão e seus efeitos sobre o seu funcionamento podem estar associadas às suas características morfológicas e fisiológicas. Por exemplo, a preferência alimentar dos colêmbolos pode estar relacionada ao tipo de mandíbula e a presença de órgãos sensoriais, o que por sua vez reflete o tipo de recurso disponível no ambiente e sua função desempenhada (VANDEWALLE et al., 2010). Estas características dos organismos e sua relação com o ambiente são chamadas de "atributos funcionais". Através deles é possível mensurar

a diversidade funcional de uma comunidade ou ecossistema e avaliar em mais detalhes o efeito do uso da terra na biota do solo. Além disso, assume-se que quanto maior a variedade de características em um dado local, mais funções serão providas (VIOLLE et al., 2007).

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da conversão de campos nativos do bioma Pampa em plantações de eucalipto sobre a qualidade do solo usando uma abordagem funcional do solo. Consideramos como indicadores funcionais: (a) atividade da comunidade microbiana, um proxy do processo de decomposição, (b) a diversidade e composição funcional e taxonômica da comunidade de colêmbolos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em 20 unidades amostrais pareadas no bioma Pampa (10 campos nativos e 10 plantações de eucalipto), em quatro cidades no Rio Grande do Sul. Em cada unidade amostral foi estabelecida uma transecção de 250 m onde foram coletadas 10 amostras de solo na camada de 0-5 cm. Destas, cinco amostras foram usadas para determinação da atividade microbiana do solo (respiração basal do solo – RBS, segundo SILVA et al., 2007), pH e umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997). As outras amostras foram utilizadas para extração (14 dias) de colêmbolos pelo método de funis de *Berlese-Tüllgren*.

Colêmbolos foram triados e identificados em nível de gênero, sempre que possível. Para cada unidade amostral foi contabilizado o número de indivíduos, a riqueza de gêneros e o índice de diversidade de Simpson. Com base na média de todos os indivíduos amostrados, gêneros foram descritos nos seguintes atributos funcionais: tamanho do corpo, da fúrcula, da antena e das pernas (mm), nível de pigmentação, número de olhos, e presença/ausência do órgão pós-antenal (PAO) e pseudocelos. Para cada unidade amostral, foi calculado o valor médio do atributo na comunidade (CWM) e a diversidade funcional (Rao), que representa a dissimilaridade funcional das espécies dentro das comunidades.

Para avaliar o efeito da conversão do campo nativo em plantações de eucalipto sobre os parâmetros bióticos e abióticos do solo foram analisados usando modelos lineares mistos, considerando "pares" e "cidade" como fatores aleatórios. A composição de gêneros de colêmbolos foram exploradas entre os usos da terra com Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e diferenças foram testadas com PERMANOVA. Todas as análises foram realizadas no software R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compreender os impactos das mudanças no uso da terra sobre a diversidade edáfica e no funcionamento do solo nos ecossistemas é essencial para criação de estratégias de manejo e uso da terra que visam o desenvolvimento sustentável (BRIONES, 2018). Isso é especialmente importante em ecossistemas ameaçados, como os campos do bioma Pampa, que apresentam conversão superior a 25% de sua área total para monoculturas (OVERBECK et al., 2007).

Nossos resultados indicam que a conversão de campos nativos em plantios de eucalipto acidifica o solo ($p<0,001$) e demonstrou tendência de reduzir a umidade gravimétrica do solo, com valor de p marginalmente significativo ($p=0,08$). Por sua vez, estas alterações podem explicar a redução da atividade microbiana em áreas de eucalipto. (**Figura 1**), uma vez que ecossistemas campestres apresentaram RBS 52% maior do que áreas de eucalipto ($p<0,001$). Esses resultados fornecem evidências de que a conversão de áreas de campo nativo em plantio de eucalipto pode alterar propriedades do solo e seu compo-

nente biótico, o que consequentemente altera sua funcionalidade no ecossistema.

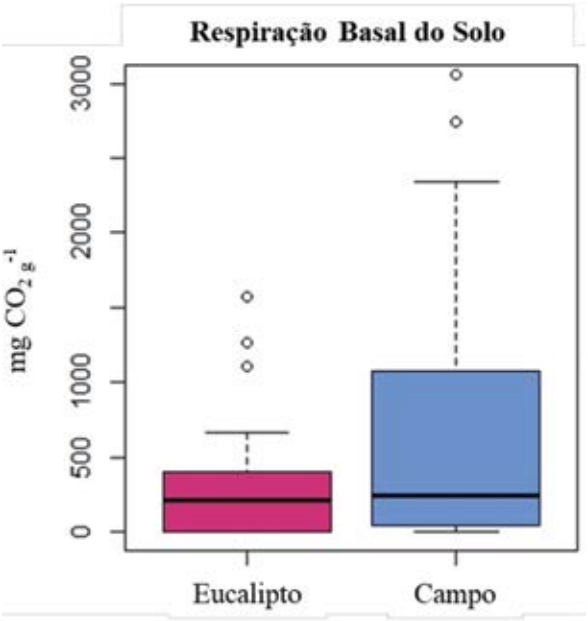



Figura 1. Respiração basal do solo (RBS) em dois usos da terra no bioma Pampa: plantação de eucalipto e campo nativo.

A acidificação do solo pode afetar a biodisponibilidade dos nutrientes no solo, afetando plantas e organismos edáficos (LEITE et al., 2010). Neste contexto, a diminuição da atividade microbiana é indicativo de matéria orgânica de difícil decomposição e pode estar associada a diminuição da diversidade e abundância de microrganismos no solo ou então a seleção de grupos específicos que atuam nesta decomposição (CAO et al., 2010). Estas alterações nas condições de recurso e micro-habitat parecem ser o filtro atuando nas mudanças observadas na comunidade de colêmbolos neste estudo.

Ao total foram coletados 209 indivíduos de colêmbolos, sendo que 95% deles foram classificados em 17 gêneros, 3% foram classificados até o nível de família e 2% em ordem. Embora não tenham sido detectadas diferenças entre tipos de uso da terra na abundância, riqueza e diversidade taxonômica e funcional de colêmbolos, a conversão de campos levou a mudanças significativas na sua composição taxonômica ($p<0,001$; Figura 2).

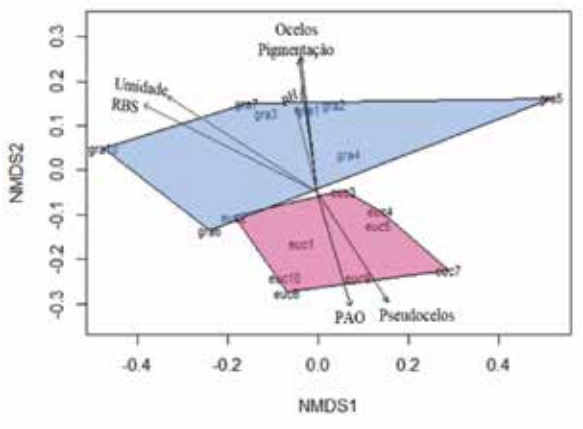



Figura 2. NMDS baseado em medidas de dissimilaridade Bray-Curtis derivadas a partir dos táxons de colêmbolos em dois usos da terra no bioma Pampa: plantação de eucalipto (rosa) e campo nativo (azul).

Observa-se que o pH, umidade e RBS são variáveis importantes na diferenciação entre os dois usos da terra, indicando que ambos os usos da terra apresentam filtros ambientais distintos, o que reflete em seleção de diferentes atributos na comunidade de colêmbolos. Observou-se que a comunidade de colêmbolos em plantios de eucalipto tem maior proporção de espécies menos pigmentadas ($p<0,001$), com menos ocelos ($p<0,001$), com fúrcula menor ($p<0,001$), com presença de PAO ($p=0,002$) e pseudocelos ($p=0,006$), em comparação com as comunidades dos campos. Estas características indicam que organismos dos plantios são mais adaptados a áreas com dossel fechado e com as camadas interiores do solo (VANDEWALLE et al., 2010). Em outras palavras, os atributos funcionais relacionados à colêmbolos epiedáficos tem positiva relação com áreas de campo nativo, uma vez que estas comunidades apresentam espécimes mais pigmentadas, com maior número de olhos,

maior tamanho de fúrcula e corpo achatado, sendo estas características esperadas para colêmbolos de habitats abertos.

Por fim, Colêmbolos epiedáficos parecem ser mais negativamente afetados pela conversão da vegetação nativa, o que pode lentificar o processo de decomposição no solo nestas áreas. Isso pode ocorrer pois estes colêmbolos geralmente são fragmentadores da serapilheira, reduzindo a área de superfície especifica para os microrganismos do solo, assim como também contribuem no controle desses microrganismos pelo pastoreio de fungos e pela dispersão de esporos (BERG et al., 2004).

## CONCLUSÕES

O uso combinado das abordagens funcional e taxonômica proporciona um melhor entendimento sobre o efeito das mudanças no uso da terra sobre a biota do solo.

Áreas de plantio de eucalipto apresentaram solos mais ácidos e menos úmidos em relação à solos de campos nativos no bioma Pampa. Tais alterações refletiram na diminuição da atividade microbiana do solo e mudanças nas características morfológicas dos colêmbolos.

Estes resultados demonstram que a plantações de árvores exóticas em áreas originalmente campestres pode levar a mudanças na funcionalidade do solo e por consequência, prejudicar os benefícios providos por este à sociedade humana e estabilidade de ecossistemas no geral.

**AGRADECIMENTOS**: Agradecemos ao Prof. Bruno Bellini da UFRN pela assistência na identificação dos colêmbolos e os estagiários Willian Padilha e Vitor Rigotti da UFRGS pela triagem das amostras.

## REFERÊNCIAS

Berg MP, Stoffer M, Van Den Heuvel HH. Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. Pedobiologia (Jena). 2004;48:589-601. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.07.006

Briones MJI. The Serendipitous Value of Soil Fauna in Ecosystem Functioning: The Unexplained Explained. Front Environ Sci. 2018;6. https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00149

Cao Y, Fu S, Zou X, Cao H, Shao Y, Zhou L. Soil microbial community composition under Eucalyptus plantations of different age in subtropical China. Eur J Soil Biol. 2010;46:128-35. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.12.006

Chen F, Zheng H, Zhang K, Ouyang Z, Lan J, Li H, Shi Q. Changes in soil microbial community structure and metabolic activity following conversion from native Pinus massoniana plantations to exotic Eucalyptus plantations. For Ecol Manage. 2013;291:65-72. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.016

Ellis EC. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Philos Trans R Soc A Math Phys Eng Sci. 2011;369:1010-35. https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0331

EMBRAPA. Manual de Análises de Solos. 1997

Hautier Y, Isbell F, Borer ET, Seabloom EW, Harpole WS, Lind EM, MacDougall AS, Stevens CJ, Adler PB, Alberti J, Bakker JD, Brudvig LA, Buckley YM, Cadotte M, Caldeira MC, Chaneton EJ, Chu C, Daleo P, Dickman CR, Dwyer JM, Eskelinen A, Fay PA, Firn J, Hagenah N, Hillebrand H, Iribarne O, Kirkman KP, Knops JMH, La Pierre KJ, McCulley RL, Morgan JW, Pärtel M, Pascual J, Price JN, Prober SM, Risch AC, Sankaran M, Schuetz M, Standish RJ, Virtanen R, Wardle GM, Yahdjian L, Hector A. Local loss and spatial homogenization of plant diversity reduce ecosystem multi-

functionality. Nat Ecol Evol. 2018;2:50-6. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0395-0

Jónsson JÖG, Davíðsdóttir B. Classification and valuation of soil ecosystem services. Agric Syst. 2016;145:24-38. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.010

Kaneda S, Kaneko N. Collembolans feeding on soil affect carbon and nitrogen mineralization by their influence on microbial and nematode activities. Biol Fertil Soils. 2008;44:435-42. https://doi.org/10.1007/s00374-007-0222-x

Leite FP, Silva IR, Novais RF, Barros NF de, Neves JCL. Alterations of soil chemical properties by eucalyptus cultivation in five regions in the Rio Doce Valley. Rev Bras Ciência Do Solo. 2010;34:821-31. https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000300024

Li YT, Rouland C, Benedetti M, Li F bai, Pando A, Lavelle P, Dai J. Microbial biomass, enzyme and mineralization activity in relation to soil organic C, N and P turnover influenced by acid metal stress. Soil Biol Biochem. 2009;41:969-77. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.01.021

Overbeck G, Muller S, Fidelis A, Pfadenhauer J, Pillar V, Blanco C, Boldrini I, Both R, Forneck E. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. Perspect Plant Ecol Evol Syst. 2007;9:101-16. https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.07.005

da Silva EE, Azevedo PHS, De-Polli H. Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMSC). Comunicado Técnico 98. 2007. p. 1-6.

Tsiafouli MA, Thébault E, Sgardelis SP, de Ruiter PC, van der Putten WH, Birkhofer K, Hemerik L, de Vries FT, Bardgett RD, Brady MV, Bjornlund L, Jørgensen HB, Christensen S, Hertefeldt TD, Hotes S, Gera Hol WH, Frouz J, Liiri M, Mortimer SR, Setälä H, Tzanopoulos J, Uteseny K, Pižl V, Stary J, Wolters V, Hedlund K. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. Glob Chang Biol. 2015;21:973-85. https://doi.org/10.1111/gcb.12752

Vandewalle M, de Bello F, Berg MP, Bolger T, Dolédec S, Dubs F, Feld CK, Harrington R, Harrison PA, Lavorel S, da Silva PM, Moretti M, Niemelä J, Santos P, Sattler T, Sousa JP, Sykes MT, Vanbergen AJ, Woodcock BA. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. Biodivers Conserv. 2010;19:2921-47. https://doi.org/10.1007/s10531-010-9798-9

Violle C, Navas M, Vile D, Kazakou E, Fortunel C. Let the concept of trait be functional ! 2007:882-92. https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x

Winck BR, Saccol de Sá EL, Rigotti VM, Chauvat M. Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. Appl Soil Ecol. 2017;109:49-59. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.09.021

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito do Fungicida Comet® Sobre a Atividade Microbiana do Solo

Tauani Bernardi Bordin[1]; Eduarda Busatta[2]; William Borges[2]; Érika Santa Catharina[3]; Edpool Rocha[4]; Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta[5]

[1]Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ / Av. Senador Atílio Fontana, 591-E - Efapi - Chapecó – SC, Brasil. CEP: 89809-000 / e-mail: tauanibordin@hotmail.com; [2]Acadêmico(a) do Curso de Ciências Biológicas; [3]Acadêmica do Curso de Agronomia; [5]Doutorando do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ; [6]Professora do curso de Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ.

## INTRODUÇÃO

O Brasil, além de ser considerado uma das maiores potências agrícolas, é um grande consumidor de agrotóxico (VASCONCELOS, 2018), e desde o ano de 2008 ocupa a posição de maior consumidor mundial (DOS SANTOS BROCHARDT; PAULINO, 2019).

O uso de agrotóxicos na agricultura objetiva compensar a perda de produtividade e controlar o efeito danoso de pragas e organismos patogênicos (VEIGA, 2007). Contudo, a prática pode afetar os organismos bioindicadores de qualidade do solo (MOREIRA, 2006).

O produto COMET® é classificado como um fungicida de ação sistêmica do grupo químico das estrobilurinas, contendo a molécula piraclostrobina (BASF, S.A). O grupo das estrobilurinas é usados no controle de doenças fúngicas, considerada uma classe de baixa toxicidade aos organismos terrestres (OLIVEIRA et al., 2008).

Os microrganismos são bioindicadores de qualidade sensíveis a qualquer manejo no solo, e apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (ROCHA et al., 2020). Sua atividade medida pela respiração basal do solo (RBS) representa o consumo de oxigênio ou emissão de CO2 produzido pela respiração dos microrganismos presentes no solo (MEIRELES et al., 2019). Desta maneira, a toxicidade dos agrotóxicos pode causar alteração neste processo metabólico, sendo a alta respiração (valores superiores) indicativo de condição estressante e baixa respiração (valores inferiores) maior eficiência na incorporação do carbono sobre a forma de biomassa microbiana (TIRONI et al., 2009).

O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito da aplicação em solos naturais do fungicida COMET® sobre a atividade microbiana do solo medida pela sua respiração basal.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Solos da Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó. Foram utilizados os solos Neossolo Quartzarênico (NQ) e o Latossolo Vermelho Distrófico (LV), sem histórico de usos agrícolas, coletados em profundidade de 0-20 cm e peneirados em malha de 2 mm.

O experimento foi conduzido sob delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 (cinco) repetições, tendo como tratamentos a utilização de concentrações crescentes do

fungicida Comet® aplicadas ao NQ (0; 0,05; 0,10; 0,50; 1,00; 2,50 e 5,00 mg $kg^{-1}$ de solo) e ao LV (0; 0,010; 0,020; 0,040; 0,080; 0,160 e 0,320 mg $kg^{-1}$ de solo). As concentrações aplicadas em cada solo diferiram de acordo com as características do mesmo determinadas em pré-ensaios, e pelos resultados obtidos pelos trabalhos de Giordani et al. (2020 a, b).

As amostras de solo quando do início do teste tiveram sua umidade ajustada a 55% da sua capacidade de campo. A respiração basal do solo (RBS) foi determinada utilizando a metodologia proposta por Alef & Nannipieri (1995). O solo previamente coletado e armazenado sob refrigeração foi retirado da geladeira e deixado sobre a bancada durante 15 min em temperatura ambiente, sendo posteriormente pesado 50 g de solo em um recipiente de vidro que recebeu ainda, um frasco *snap-cap* contendo 25 mL de NaOH 0,05 M. Os frascos foram fechados com uma lâmina de plástico e tampa para evitar a entrada de ar do ambiente externo e acondicionados em BOD (*Biological oxygen demand*) a 28ºC com ausência de luminosidade, por 24 horas. Após este período foram retirados da BOD e abertos, sendo imediatamente com o auxílio de uma pipeta automática adicionados 5 mL da solução de BaCl2 5,00 M para paralisar a atividade respiratória. Na sequência o *snap* foi reservado para posterior titulação, e novo frasco contendo 25 mL de NaOH 0,05 M foi adicionado aos vidros para um novo ciclo de 24 horas de incubação, sendo repetido esse processo durante 15 dias. As amostras foram tituladas com HCl 0,05 M, adicionadas de 3 gotas do indicador fenolftaleína 1%.

Após o período de incubação das amostras os dados foram tabulados e representam a média diária de emissão de $C\text{-}CO_2$ obtida durante o período de incubação de 18 dias, apresentados sob a forma de gráfico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as amostras de Neossolo Quartzarênico (NQ) a estabilização da respiração basal do solo (RBS) ocorreu no 20º dia de experimento, tendo os maiores valores de emissão (~ 42 mg $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$) na menor concentração testada do fungicida (0,05 mg $kg^{-1}$ de solo) e, os menores valores (~ 22 mg $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$) no tratamento correspondente a segunda maior dose testada (2,50 mg $kg^{-1}$ de solo) (figura 1).

Os valores de RBS nos tratamentos correspondentes as doses do fungicida de 0,10; 0,50; 1,00; e 5,00 mg $kg^{-1}$ de solo apresentaram uma taxa respiração semelhante entre si, onde ambos atingiram ~ 30 mg de $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$.

Para o Latossolo Vermelho Distrófico (LV) os valores obtidos de RBS mostram que os tratamentos 0,040, 0,080 e 0,160 mg $kg^{-1}$ do fungicida apresentaram uma taxa respiratória semelhante entre si de ~ 47,00 mg $C\text{-}CO_2$ $g^{1}$ de solo $dia^{-1}$. Para o LV a estabilização da RBS ocorreu no décimo oitavo dia de incubação.

Os maiores valores obtidos de RBS ocorreu no tratamento com a maior dose do fungicida aplicado ao solo (0,320 mg $kg^{-1}$ de solo), o qual atingiu 50 mg de $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ solo $dia^{-1}$; e o menor valor ocorreu no tratamento controle sem a aplicação do fungicida (40 mg de $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$). Os tratamentos 0,040, 0,080 e 0,160 mg $kg^{-1}$ do fungicida apresentaram valores de respiração semelhante entre si de ~ 47,00 mg de $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$.

Os dados sugerem haver um maior efeito de estresse sob a comunidade microbiana do solo na utilização do fungicida aplicado ao LV quando comparado ao NQ, evidenciado pelos maiores valores de emissão de $C\text{-}CO_2$ no LV. Da mesma forma, em LV o aumento da dose aplicada do produto afeta diretamente as emissões $C\text{-}CO_2$ pela atividade microbiana, com o menor valor de RBS encontrando no tratamento controle. O

agrotóxico Comet® utilizado neste presente trabalho, possui como princípio ativo a piraclostrobina, a qual possui ação através da inibição da respiração mitocondrial (PARREIRA et al., 2009).

A RBS representa a atividade respiratória dos microrganismos presente no solo, entre eles fungos. A aplicação do fungicida afeta diretamente a população desses organismos afetando o metabolismo microbiano como afeta também a população de outros organismos edáficos, macro e microscópicos (JANSA et al., 2006; CAMPOS et al., 2015). Segundo Giordani et al. (2020 a, b) o Comet® quando aplicado em altas doses ao solo, pode afetar a reprodução de outros organismos edáficos, como os colêmbolos (*Folsomia candida*) e minhocas (*Eisenia andrei*), com redução na reprodução destes organismos ainda nas menores concentrações testadas (0,08 mg kg-1), com valores de NOEC inferiores a 0,08 mg kg-1. Diante deste contexto a redução desses organismos afeta diretamente a manutenção da qualidade do solo, como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (HEISLER; KAISER, 1995; BARETTA et al., 2011).

## CONCLUSÕES

A aplicação do fungicida Comet® afeta a atividade microbiana dos organismos presentes no solo medida pela sua respiração basal (RBS), sendo o efeito mais pronunciado em LV quando comparado ao NQ, e proporcional a concentração do fungicida testado.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem à Unochapecó pelo financiamento da pesquisa e concessão das bolsas de iniciação científica (UNIEDU - Artigos 170 e 171/CE; PIBIC/FAPE; PIBIT/CNPq) dos acadêmicos de graduação.

## REFERÊNCIAS

Alef K, Nannipieri P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London: Academic Press, 1995. 576 p.

Baretta D, Santos JC, Segat JCS. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos Ci. Solo, ed. 7, p. 19-170, 2011.

BASF. COMET ®. Schwarzheide, Alemanha: BASF, The Chemical Company.

Bula de agrotóxico, sd.

Campos A, Scotton J, Costa W, Giassi V. Pinto D, Homma S. Seleção de fungicidas visando à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. n. 9, v.19, p.898–902, 2015.

Giordani IA. et al (a). Toxicity of pesticides with fungicide and fungicide + insecticide effects to *Eisenia andrei*. Revista Ambiente e Água, vol.15, n.3, 2020.

Giordani IA. et al (b). Effect of toxicity in *Folsomia candida* by the use of fungicide and insecticide in subtropical soil. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. p. 1-11, 2020.

Heisler C, Kaiser EA. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. Biology and Fertility of Soils. v. 19, p. 159-165, 1995.

Jansa J, Wiemken A, Frossard E. The effects of agricultural practices on arbuscular mycorrhizal fungi. Geological Society, Special Publications, v. 266, p. 89-115, 2006.

Lima RC, Moreira BM, Neto AMB. Respiração Basal e umidade do solo como indicadores da qualidade de solos em plantio de eucalipto e em cafezal no município de São João Evangelista. In: Seminário de iniciação científica, 2013, Formiga.

Seminário de iniciação científica, 2013.

Meireles IEDS. et al. Respiração basal do solo em consorcio de cafeeiro com grevilia. 2019.

Moreira FMDS. Microbiologia e bioquímica do solo. UFLa, 2006.

Oliveira K. et al. Interação do efeito dos fungicidas foliares comet e caramba e aplicação de nitrogênio na produtividade do feijoeiro comum. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso nacional de pesquisa de feijão. 9, 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

Parreira DF, Neves WS, Zambolim L. Resistência de Fungos a Fungicidas Inibidores de Quinona. Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas, v. 3, n. 2, p. 24-34, 2009.

Santos BDV, Paulino FO. Direito à informação sobre agrotóxicos no Brasil. In: Comunicación, sociedad y derechos humanos. Egregius, 2019. p. 137-154.

Rocha M. F. et al. Influência do inseticida Metomil sobre a população microbiana do solo. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 59307-59321, 2020.

Tironi SP. et al. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo. Planta Daninha, v. 27, n. SPE, p. 995-1004, 2009.

Vasconcelos Y. Agrotóxicos na berlinda. Pesquisa FAPESP, v. 271, p. 18-27, 2018.

Veiga M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. Ciência & Saúde Coletiva, v. 12, p. 145-152, 2007.

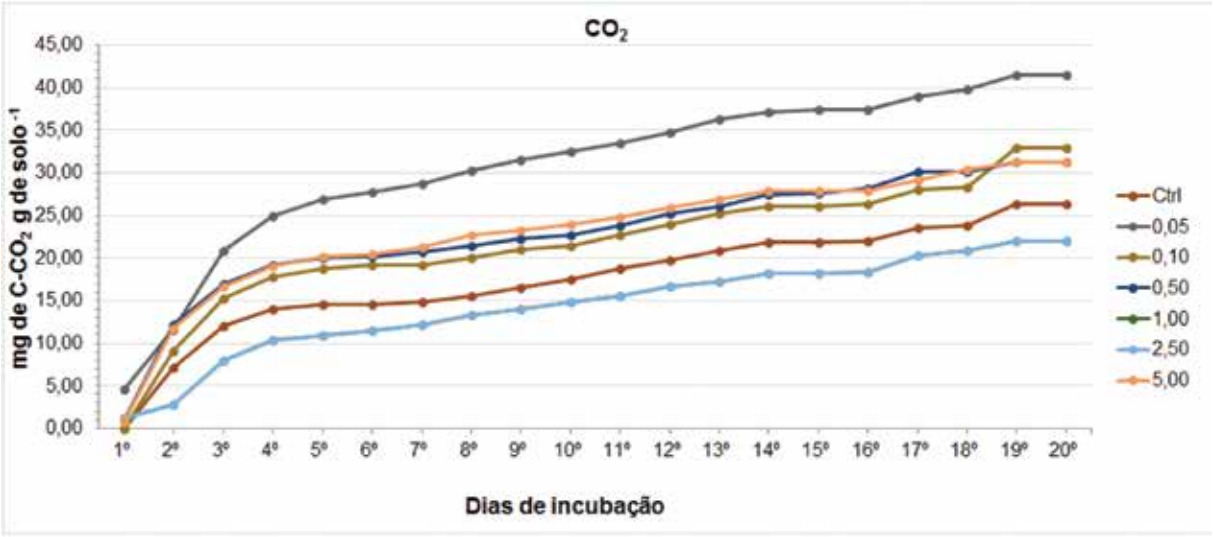



Figura 1. Produção diária de C-CO2 dada pela respiração basal do solo (RBS) em Neossolo Quartzarênico (NQ) contaminado com o agrotóxico Comet® nas concentrações: 0; 0,05; 0,10; 0,50; 1,00; 2,50 e 5,00 mg kg-1 de solo do fungicida.

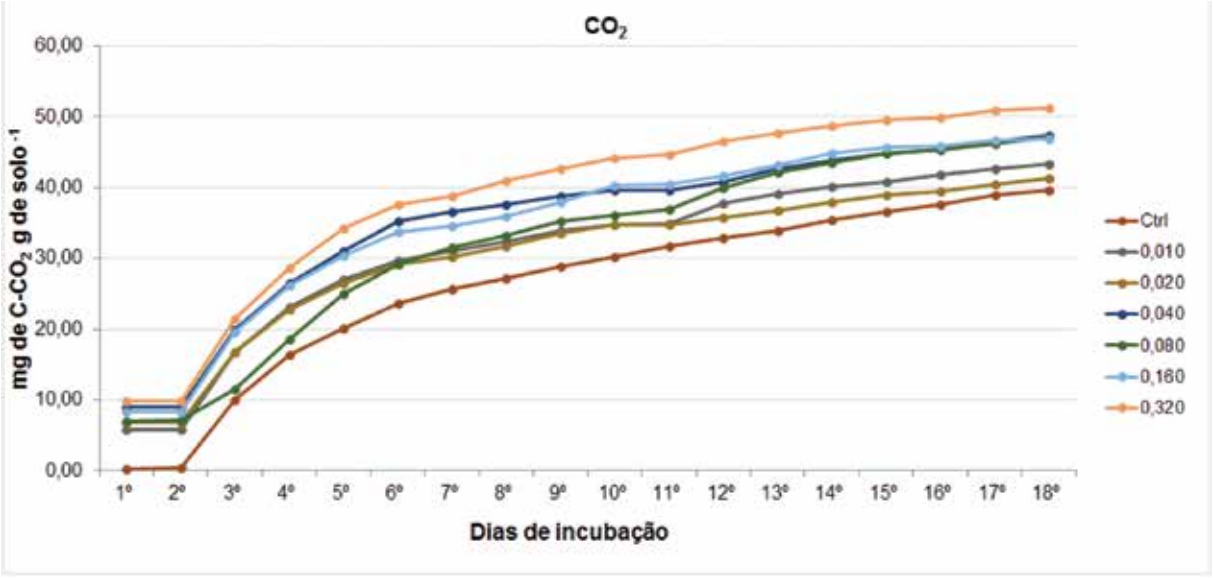



Figura 2. Produção diária de C-CO2 dada pela respiração basal do solo (RBS) em Latossolo vermelho distrófico (LV) contaminado com o agrotóxico Comet® nas concentrações: 0; 0,010; 0,020; 0,040; 0,0800; 0,160 e 0,320 mg kg-1 de solo do fungicida.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Esporulação de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Produção de Glomalina em Sistema de Rotação de Culturas no Norte do Paraná

Giovana Gorla Gaiser[1]; Edmilson Caetano Junior[2]; Andrea Scaramal Menoncin[3]; Gabriela Machineski da Silva[3]; Ivan Bordin[4]; Arnaldo Colozzi Filho[4]

[1]Estudante de Engenharia Agronômica, Universidade Norte do Paraná, Av. Paris, 675, Londrina – PR, 86041-120, giovanagaiser@outlook.com; [2]Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas; Instituto Federal do Paraná; [3]Pós-doutoranda; Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná; [4]Pesquisador; Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas de produção agrícola que buscam estratégias de conservação do solo e da água vem ganhando enfoque nas últimas décadas. Entre essas estratégias está a adoção do sistema de rotação de culturas, que utiliza diversas plantas com potencial comercial e de cobertura e que, em longo prazo, pode proporcionar benefícios na qualidade do solo (REGO, 1994).

Os micro-organismos, juntamente com a fauna e as raízes das plantas, constituem a fração viva da matéria orgânica e são responsáveis por diversos processos no solo, dentre eles, a ciclagem dos nutrientes, decomposição da matéria orgânica, agregação das partículas, fixação de nitrogênio pelas bactérias simbióticas, aumento da área de exploração do solo por meio dos fungos micorrízicos. Assim, podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade do solo, uma vez que estão intimamente relacionados ao funcionamento e a qualidade do solo (MENDES et al., 2009). Dentre esses bioindicadores, estão os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a produção de glomalina.

As micorrizas são associações simbiônticas de fungos com raízes de plantas e caracterizadas pelo movimento bidirecional de nutrientes, com fluxo de carboidratos da planta para o fungo, e nutrientes inorgânicos do fungo para a planta. As micorrizas são de grande importância tanto no aspecto nutricional como ecológico. (BALOTA, 2017), pois além de aumentar a área de exploração radicular, beneficiam a planta de forma indireta, pois com a melhoria do estado nutricional, as plantas se tornam menos suscetíveis a estresses de natureza biótica e abiótica, anomalias fisiológicas e bioquímicas. (PRIMAVESI, 2002).

A glomalina, por sua vez, é uma glicoproteína hidrofóbica produzida pela colonização das raízes pelos FMA, e liberadas ao solo no processo de degradação das hifas (DRIVER et al., 2005). Sua concentração está associada a qualidade física do solo, pois estão relacionadas à formação e estabilização dos agregados em diferentes manejos de solo (WRIGTH et al., 2007). Desta forma, é importante entender como diferentes sistemas de cultivo afetam esses bioindicadores de qualidade do solo.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar

a esporulação dos fungos micorrízicos arbusculares e o acúmulo de glomalina total e facilmente extraível em diferentes sistemas de cultivo com rotação de culturas de inverno e verão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na sede do Instituto de Desenvolvimento Rural – IDR, no município de Londrina-PR. O solo utilizado no experimento é um Latossolo Vermelho Eutrófico e sua caracterização química está apresentada na **tabela 1**.

**Tabela 1.** Análise química do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

| Trat | P | C | pH | Al | H+Al | Ca | Mg | K | S | T | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg dm$^{-3}$ | g dm$^{-3}$ | | cmol$_c$ dm$^{-3}$ | | | | | | | % |
| 0-10 cm | | | | | | | | | | | |
| T1 | 30,2 | 17,2 | 5,0 | 0,0 | 5,3 | 4,2 | 2,4 | 0,2 | 6,8 | 12,2 | 56,1 |
| T2 | 28,7 | 17,4 | 5,3 | 0,0 | 4,6 | 5,0 | 2,9 | 0,2 | 8,1 | 12,7 | 63,6 |
| T3 | 9,3 | 15,5 | 5,3 | 0,0 | 4,4 | 4,9 | 3,0 | 0,2 | 8,1 | 12,6 | 64,6 |
| T4 | 44,3 | 17,9 | 5,2 | 0,0 | 5,0 | 5,1 | 2,9 | 0,3 | 8,3 | 13,2 | 62,4 |
| T5 | 14,3 | 18,0 | 4,9 | 0,1 | 5,8 | 4,1 | 2,4 | 0,3 | 6,8 | 12,6 | 54,2 |
| T6 | 28,8 | 16,5 | 5,0 | 0,0 | 5,6 | 4,1 | 2,6 | 0,2 | 7,0 | 12,6 | 55,4 |
| 10-20 cm | | | | | | | | | | | |
| T1 | 19,9 | 15,1 | 4,8 | 0,1 | 5,8 | 4,2 | 2,1 | 0,1 | 6,3 | 12,1 | 52,3 |
| T2 | 12,5 | 15,0 | 5,2 | 0,0 | 5,0 | 4,8 | 2,5 | 0,1 | 7,4 | 12,4 | 60,0 |
| T3 | 5,3 | 13,9 | 5,0 | 0,0 | 5,3 | 4,3 | 2,4 | 0,1 | 6,8 | 12,1 | 55,9 |
| T4 | 17,0 | 16,7 | 4,9 | 0,0 | 5,3 | 4,3 | 2,3 | 0,2 | 6,7 | 12,0 | 55,5 |
| T5 | 9,0 | 14,6 | 4,8 | 0,0 | 5,3 | 4,1 | 2,1 | 0,2 | 6,3 | 11,6 | 54,0 |
| T6 | 11,9 | 13,5 | 4,6 | 0,2 | 6,2 | 3,3 | 1,8 | 0,1 | 5,2 | 11,4 | 45,5 |

Os tratamentos foram sistemas de cultivos com diferentes arranjos de culturas de inverno e verão, descritos na **tabela 2**.

**Tabela 2.** Descrição das culturas empregadas nos tratamentos de rotação de cultura em três safras no município de Londrina-Pr.

| Trat | 2017/2018 | | 2018/2019 | | 2019/2020 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | inverno | verão | Inverno | verão | invemo | verão |
| T1 | milho | soja | milho | soja | milho | soja |
| T2 | aveia branca | soja | Triticale | milho | trigo | soja |
| T3 | centeio+ aveia preta | soja | aveia preta + nabo | milho | Braq. | soja |
| T4 | Canola | milho | Crambe | milho | canola | soja |
| T5 | trigo mourisco+ nabo | milho | feijão | soja | Trigo mourisco + aveia | soja |
| T6 | Trigo | Milho + braq. | canola | Milho | feijão | soja |

*Braq = Braquiária.

Os tratamentos foram definidos como: T1 Produtor; T2 Produtor melhorado; T3 Máxima palhada; T4 Agroenergia; canola. cambre/ milho e soja; T5 Comercial intensivo; T6 Diversificado intensivo.

As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2019, na safra de inverno, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Foram avaliados o número de esporos de Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMA), Glomalina Total (GT) e Glomalina Facilmente Extraível (GFE).

Os esporos de FMAs do solo foram extraídos pela técnica de peneiramento úmido proposta por Gerdeman e Nicolson (1963) seguida de centrifugação em sacarose a 45% (Jenkins, 1964) e observação em microscópio estereoscópico com aumento de 40x.

Para extração da GT e GFE do solo, utilizou-se a metodologia proposta por Rillig et al. (2003). Para a extração da GT, utilizou-se citrato de sódio na concentração de 50 mM; pH 8,0 e realizou-se cinco ciclos de autoclavagem a 121°C, com duração de 1 hora centrifugações a cada ciclo a 5000 rpm, durante 20 min. A extração da GFE seguiu a mesma metodologia usada para a GT, com variações na concentração e no pH do citrato de sódio adicionado (20 mM; pH 7,0), no

tempo de autoclavagem (30 min) e no número de ciclos de autoclavagem (apenas um ciclo). A quantificação da glomalina foi realizada segundo a metodologia de Bradford (1976). Utilizou-se a albumina de soro bovino como padrão, sendo a leitura determinada em espectrofotômetro a 595 nm.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey com 5% de significância. Utilizou-se o pacote estatístico SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa no número de esporos de FMA entre os diferentes sistemas de cultivo apenas na camada mais superficial do solo (0-10 cm). Nessa profundidade, o tratamento T3-Máxima palhada apresentou quantidade de esporos de FMA superior ao tratamento T1-produtor, que consiste apenas na sucessão de milho e soja, sem diversificação do sistema (tabela 3).

São diversos os fatores que interferem na esporulação de FMA, com destaque para a disponibilidade de nutrientes, sazonalidade, tipos de solo, tratos culturais, manejo de solo e culturas, bem como a espécie de planta hospedeira (ABBOTT; ROBSON, 1991). Diferentes espécies de plantas selecionam uma microbiota específica e, assim, a diversidade e estrutura da comunidade de FMA presente no solo é influenciada pela diversidade de espécies hospedeiras no solo (Vandenkoornhuyse et al., 2003; Scheublin et al., 2004; Gomide et al., 2009).

Ainda, de acordo com Ferreira et al. (2012), a comunidade de FMAs responde ao solo (manejo e fertilidade) e à planta hospedeira (diversidade e fisiologia do crescimento), sendo que sua estrutura é um reflexo da qualidade dos ecossistemas e é de grande importância para sua resiliência. Assim, o aumento do número de esporos no T3-Máxima palhada em relação ao T1-Produtor, pode estar relacionada, principalmente, ao incremento de espécies vegetais cultivadas nesse sistema agrícola que selecionam fungos de forma específica para cada espécie.

**Tabela 3.** Número de esporos de FMA, GT e GFE no solo nana profundidade de 0-10 e 10-20 cm em diferentes sistemas de cultivos com culturas de inverno e verão.

| Tratamentos | Nº Esporos ($g^{-1}$ solo seco) | GFE mg/g $^{-1}$ | GT mg/g $^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 0-10 cm | | | |
| T1 | 30 b | 0,66 b | 2,85$^{ns}$ |
| T2 | 43 ab | 0,69 b | 3,44 |
| T3 | 66 a | 0,87 a | 3,96 |
| T4 | 37 ab | 0,73 ab | 3,65 |
| T5 | 46 ab | 0,62 b | 3,49 |
| T6 | 34 ab | 0,86 a | 3,87 |
| 10-20 cm | | | |
| T1 | 45$^{ns}$ | 0,61 b | 3,44$^{ns}$ |
| T2 | 42 | 0,67 ab | 3,66 |
| T3 | 34 | 0,65 ab | 3,98 |
| T4 | 33 | 0,66 ab | 3,37 |
| T5 | 40 | 0,54 b | 3,1 |
| T6 | 34 | 0,81 a | 3,03 |

(1) Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Não houve diferença entre os sistemas de cultivo na produção de Glomalina Total, independente da profundidade do solo. Todavia, para a Glomalina Facilmente Extraída (GFE), houve diferença entre os diferentes sistemas de cultivo empregados nas duas profundidades do solo avaliadas.

Na camada mais superficial do solo (0-10 cm), houve maior produção de GFE nos tratamentos T3-Máxima palhada e T6-Diversificado Intensivo. Na maior profundidade (10-20 cm), o tratamento T6-Diversificado Intensivo apresentou maior produção de GFE que os tratamentos T1-produtor e T5-comercial intensivo.

O acúmulo e a produção de glomalina no solo podem ser afetados por diversos fatores que exercem influência sobre a micorrização das plantas, incluindo a riqueza dos fungos micorrízicos, a composição da comunidade vegetal, os sistemas de uso da terra, as propriedades e a fertilização do solo. (SINGH et al., 2016). Ainda, quanto às frações analisadas, a GFE se diferencia da GT, pois representa a fração de proteína recentemente depositada no solo e que ainda não sofreu transformações bioquímicas (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996). Assim, os resultados indicam atividade recente dos FMA para produção de GFE com maior intensidade nos sistemas com rotação e diversificação de culturas.

Para as variáveis biológicas analisadas, o T1-produtor foi o que apresentou menor número de esporos e GFE. O tratamento T3-Máxima palhada, por sua vez, com plantas de interesse comercial (soja e milho) no verão e plantas com alta produção de palhada no inverno (centeio + aveia preta/ aveia preta + nabo/braquiária) proporcionou um ambiente favorável na camada superficial do solo para esporulação de FMA e produção de GFE. Isso demonstra que a diversificação dos sistemas de cultivo podetrazer melhorias nesses bioindicadores. Esses resultados corroboram estudos realizados por Wright e Anderson (2000) que observaram que solos sob rotação de cultura com cultivo contínuo apresentaram maior produção de glomalina que solos com período de pousio.

A presença da vegetação diversificada resulta em diversificação de exsudatos para os FMA, consequentemente, modificando sua comunidade nos solos, o que pode aumentar a incidência e diversidade e podendo favorecer a produção de glomalina por estes micro-organismos (TRESEDER; TURNER, 2007). Segundo Rillig, et al. (2003a), solos com maior cobertura acumulam mais matéria orgânica e estão menos expostos a perturbações, o que promove melhor condição para crescimento fúngico e produção de glomalina. Assim, a diversificação de culturas em sistemas produtivos, melhoram a abundância de FMA e produção de glomalina no solo, o que consequentemente traz melhorias na qualidade do solo.

## CONCLUSÕES

Maior diversificação de culturas em sistemas de produção promoveu aumento na esporulação de FMA e produção de Glomalina Facilmente Extraível (GFE).

Os efeitos dos sistemas de rotação e diversificação de culturas na esporulação de FMA e no acúmulo de glomalina total e facilmente extraível em diferentes sistemas de cultivo com rotação de culturas de inverno e verão são mais pronunciados nas camadas mais superficiais do solo (0-10 cm).

**AGRADECIMENTOS:** Ao projeto IBITIBA – Convenio IDR-PR/ITAIPU/FAPEAGRO pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

Abbott LK, Robson, AD. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. Agriculture Ecosystems and Environment. 1991; 35: 121-150.

Balota EL. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Mecenas; 2017.

Bradford MM. A rapid and sensive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 1976;72;248-254.

Canteri MG, Althaus RA, Virgens Filho JS, Giglioti EA, Godoy CV. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos

agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. Revista Brasileira de Agrocomputação. 2001; 1:18-24.

Driver JD.; Holben WE; Rillig MC. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biology & Biochemistry. 2005; 37: 101-106.

Ferreira DA, Carneiro MA, Carbone SJ, Orivaldo J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2012; 36:51-61.

Gerdemann, JW, Nicolson, TH. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society. 1963; 46:235-244.

Gomide PHO, Santos JGD, Siqueira JO, Soares CRF S. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2009; 44: 1483-1490.

Jenkins WR. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report. 1964;38: 692.

Mendes IC, Sousa DMG, Reis Junior FB, Lopes AAC. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Embrapa Cerrados, Circular Técnica, 2018.

Primavesi A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel; 2002.

Rego PG. Economia das rotações de culturas em plantio direto. Revista Mensal Batavo. 1994; 31:20-28.

Rillig MC, Maestre FT, Lamit LJ. Microsite differences in fungal hyphal length, glomalin, and soil aggregate stability in semiarid Mediterranean steppes. Soil Biology & Biochemistry. 2003a; 35:1257-1260.

Rillig MC, Ramsey P, Morris S, Paul E. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to soil-use change. Plant and Soil. 2003b; 253:293-299.

Scheublin TR, Ridgway KP, Young JPW, Heijden MGA. Nonlegumes, legumes, and root nodules harbor different arbuscular mycorrhizal fungal communities. Applied and Environmental Microbiology. 2004; 70: 6240-6246.

Singh A, Singh MK, Ghoshal N. Microbial biomass dynamics in a tropical agroecosystem: Influence of herbicide and soil amendments. Pedosphere. 2016; 26: 257–264.

Vandenkoornhuyse P, Ridgway KP, Watson IJ, Fitter AH, Young JPW. Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. Molecular Ecology: 2003; 12: 3085-3095.

Wright SF, Anderson RL. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the central Great Plains. Biology & Fertility of Soils. 2000; 31: 249-253.

Wright SF, Green VS, Cavigelli MA. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. Soil & Tillage Research. 2007; 94: 546-549.

Wright SF, Upadhyaya AA. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Science. 1996; 161:575-586.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Extração e Quantificação de Glomalina em Amostras de Diferentes Solos do Estado do Rio de Janeiro (RJ)

Octávio Vioratti Telles de Moura[1]; Tadeu Augusto van Tol de Castro[2]; Cristiane Figueira da Silva[3]; Andrés Calderín García[4]

[1]Doutorando, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: octavio.vioratti@gmail.com; [2]Doutorando, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; [3]Pós-doutoranda, Embrapa Agrobiologia; [4]Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a noção do solo como um recurso não-renovável, bem como seu papel no funcionamento dos ecossistemas vêm ganhando cada vez mais espaço em estudos científicos. Os solos abrigam uma grande diversidade biológica, sendo fundamentais na ciclagem de nutrientes e carbono (VANERMEN et al., 2020). Em virtude de toda essa relevância, diversos sistemas já foram elaborados para classificar taxonomicamente os solos, no intuito de uma melhor compreensão de suas características. Na maioria destes sistemas, os componentes orgânicos presentes nos solos são utilizados como parâmetros na sua classificação (ACREE et al., 2020; BRINKMANN et al., 2018; KÕLLI e RANNIK, 2018). No entanto, ainda há muitas lacunas sobre o comportamento dos constituintes orgânicos e sua interação com as partículas minerais, o que pode ser útil nas diferenciações das classes de solos.

Dentre os compostos orgânicos presentes nos mais diversos solos, destaca-se a glomalina, que consiste numa glicoproteína sintetizada e liberada por hifas e esporos de fungos simbiontes que habitam as raízes de cerca de 90% das plantas terrestres, denominados fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (NAUTIYAL et al., 2019). Tal biomolécula possui características hidrofóbicas e elevado peso molecular, além de ser fundamental no processo de agregação dos solos, agindo como agente cimentante. Isso se dá pois há a formação por parte da glomalina de um revestimento ceroso que cola as partículas de areia, argila, silte e a matéria orgânica, favorecendo a formação dos agregados do solo (BERTAGNOLI et al., 2020; NAUTIYAL et al., 2019). A glomalina pode permanecer inalterada nos tecidos fúngicos mortos por muito tempo, sendo esta estabilidade fundamental para um melhor sequestro de carbono (DAS et al., 2020). Este composto é caracterizado como proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG) nas frações: glomalina facilmente extraível (GFE) e glomalina total (GT) (HE et al., 2020). O objetivo deste trabalho foi extrair e quantificar estas duas frações de glomalina de amostras superficiais de dois solos diferentes e relacioná-las com as características físico-químicas destes solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras deformadas de solos de duas localidades diferentes, ambas no município de Pinheiral, RJ. O solo da primeira

área foi classificado como Chernossolo Háplico órtico léptico e o da segunda como Cambissolo Háplico alumínico típico, de acordo com o trabalho de Costa (2015). Ao todo, coletaram-se 10 amostras compostas em cada área, cada uma formada a partir de 5 amostras simples. O material coletado foi transferido para a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), *campus* Seropédica, RJ. Após secagem ao ar, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), com a qual foram realizadas as análises laboratoriais.

### Análises Realizadas

Inicialmente, as amostras foram caracterizadas física e quimicamente, para analisar as seguintes características: percentuais das frações areia, argila e silte, inferindo-se assim a classe textural; teores de bases trocáveis ($Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Na^{+}$ e $K^{+}$) e seu somatório (valor S), teores de fósforo (P), acidez potencial ($H^{+} + Al^{3+}$), valor T (valor S + acidez potencial), saturação de bases ou valor V [V = (S/T) x 100], carbono orgânico total (COT), além do pH em água. As extrações de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ foram feitas com solução de KCl 1 mol. $L^{-1}$ e para suas quantificações foi realizada titulometria com solução de EDTA 0,0125 mol. $L^{-1}$. Quanto aos elementos Na, K e P, estes foram extraídos com solução duplo ácido ($H_2SO_4$ 0,0125 mol. $L^{-1}$ + HCL 0,05 mol. $L^{-1}$) e quantificados por fotometria de chama ($Na^{+}$ e $K^{+}$) e por colorimetria (P). A extração de $H^{+} + Al^{3+}$ foi realizada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol. $L^{-1}$ a pH 7,0 e seus valores foram determinados por titulometria com NaOH 0,025 mol. $L^{-1}$. Os teores de COT foram determinados através da oxidação por via úmida, utilizando dicromato de potássio, de acordo com Yeomans e Bremner (1988). O excesso de dicromato foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal. Os valores de pH em água foram obtidos utilizando-se um potenciômetro (EMBRAPA, 1997).

A glomalina presente nas amostras foi quantificada como proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG) em duas frações: glomalina facilmente extraível (GFE) e glomalina total (GT). Estas frações foram diferenciadas de acordo com a metodologia de extração. A proteína do solo relacionada à glomalina facilmente extraível (GFE) foi obtida por meio de extração em autoclave, pesando-se 1g de solo na forma TFSA em tubo falcon de 15 mL, e adicionando 8 mL de solução de citrato de sódio 20 mM (pH 7,0), a uma temperatura de 121°C por 30 minutos. Já a proteína do solo relacionada à glomalina-total (GT) foi obtida autoclavando 1g de TFSA em solução de citrato de sódio 50 mM (pH 8,0), a 121°C por 60 minutos. Diferentemente da PSRG-GFE, a glomalina total demandou mais de um ciclo de autoclavagem, até que a coloração do sobrenadante atingisse um tom amarelo claro. As amostras dos solos estudados precisaram de 3 a 8 ciclos para completarem sua extração (Wright et al., 1996; Silva et al., 2012).

A quantificação da glomalina foi realizada através do método Bradford (1976) modificado por Wright et al. (1996), utilizando-se como padrão soro-albumina bovina. Para ambas as frações, a concentração de glomalina foi corrigida para miligrama por grama de solo (mg. $g^{-1}$), levando-se em consideração o volume total de sobrenadante de cada amostra e a massa seca do solo (WRIGHT et al., 1996; SILVA et al., 2012).

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,001$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **tabela 1** apresenta os resultados da análise granulométrica e a **tabela 2** os valores das

análises químicas realizadas. As amostras do Chernossolo apresentaram uma textura argilosa, com 37,2% de fração argila (372 $g.kg^{-1}$) e 24 % (240 $g.kg^{-1}$) de fração areia. Por sua vez as do Cambissolo apresentaram textura média, com 48% (480 $g.kg^{-1}$) de areia e 25,59% (255,9 $g.kg^{-1}$) de argila (tabela 1). Segundo o trabalho de Costa (2015) há presença de argilas do tipo 2:1 na área do Chernossolo.

Tabela 1. Valores médios obtidos da análise granulométrica a partir das amostras superficiais coletadas do Chernossolo e do Cambissolo.

| Solo | Areia | Silte | Argila |
|---|---|---|---|
| | ---------$g.kg^{-1}$-------- | | |
| **Chernossolo** | 240 | 341,9 | 372 |
| **Cambissolo** | 480,1 | 229,2 | 255,9 |

Quanto aos atributos químicos, nas amostras do Chernossolo a quantidade de cátions básicos: $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $K^{+}$ e $Na^{+}$ foi significativamente superior àquela encontrada nas do Cambissolo ($p<0,001$). Logo, os valores S (soma de bases do complexo sortivo) e V (saturação por bases) também foram significativamente superiores no material coletado do Chernossolo, sendo este considerado eutrófico (V > 50%) e o Cambissolo distrófico (V < 50%) (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos obtidos a partir das amostras coletadas da camada de 0-20 cm de solos identificados como Chernossolo e Cambissolo, em Pinheiral, RJ.

| | Chernossolo | Cambissolo | *p-value* |
|---|---|---|---|
| **$Ca^{2+}$** | $11,10^{a\,(1)} \pm 1,82$ | $0,79^{b} \pm 0,11$ | *<0,001* |
| **$Mg^{2+}$** | $7,45^{a} \pm 1,22$ | $1,18^{b} \pm 0,51$ | *<0,001* |
| **$Na^{+}$** | $0,04^{a} \pm 0,00$ | $0,01^{b} \pm 0,00$ | *<0,001* |
| **$K^{+}$** | $0,19^{a} \pm 0,14$ | $0,10^{b} \pm 0,04$ | *0,030* |
| **P** | $7,36^{a} \pm 2,99$ | $0,56^{b} \pm 0,29$ | *<0,001* |
| **$Al^{3+}$** | $0,00^{nd} \pm 0,00$ | $2,26^{nd} \pm 0,77$ | *<0,001* |
| **$H^{+}+Al^{3+}$** | $5,43^{b} \pm 0,51$ | $8,72^{a} \pm 1,44$ | *<0,001* |
| **pH** | $5,87^{a} \pm 0,11$ | $4,29^{b} \pm 0,06$ | *<0,001* |
| **S** | $18,78^{a} \pm 2,84$ | $2,07^{b} \pm 0,59$ | *<0,001* |
| **T** | $24,21^{a} \pm 2,53$ | $10,79^{b} \pm 1,33$ | *<0,001* |
| **V%** | $77,22^{a} \pm 3,75$ | $19,37^{b} \pm 5,70$ | *<0,001* |
| **Sat. $Al^{3+}$ (%)** | $0,00^{b} \pm 0,00$ | $52,19^{a} \pm 2,10$ | *<0,001* |
| **Sat. $Na^{+}$ (%)** | $0,16^{a} \pm 0,001$ | $0,09^{b} \pm 0,002$ | *<0,001* |
| **COT** | $18,0^{a} \pm 1,23$ | $13,8^{b} \pm 1,54$ | *<0,001* |

(1)Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,1% de probabilidade de erro.

Os teores de P no material coletado do Chernossolo foram encontrados em maiores quantidades quando comparados com os teores das amostras do Cambissolo ($p<0,001$). No entanto, os teores de $Al^{3+}$ e $H^{+} + Al^{3+}$ apresentaram valores significativamente superior nas amostras do Cambissolo ($p<0,001$). Amostras de ambos os solos apresentaram pH ácido, no entanto, as do Cambissolo apresentaram valores inferiores e significativamente diferentes das do Chernossolo ($p<0,001$), sendo o primeiro considerado como um solo ácido e o segundo como moderadamente ácido.

O conteúdo de COT das amostras do Chernossolo foi estatisticamente superior ao encontrado nas do Cambissolo ($p<0,001$). Tal resultado apresenta-se coerente com as classes texturais

de ambos os solos. Com maior quantidade de argilas, inclusive do tipo 2:1, o Chernossolo pode fornecer condições para maiores interações organo-minerais e estabilização do C orgânico. Estas interações são limitadas no Cambissolo, onde a mineralogia é predominantemente de areia grossa e materiais primários.

A glomalina foi analisada como proteína do solo relacionada à glomalina (PSGR) em duas frações: total (relativa ao *pool* de proteínas mais recalcitrantes e estabilizadas no solo) e facilmente extraível (estruturas proteicas recém-sintetizadas pelos fungos). Os conteúdos de glomalina total (GT) e facilmente extraível (GFE) foram diferentes para as amostras superficiais do Chernossolo e do Cambissolo, sendo a GT significativamente superior ($p<0.001$) nas amostras coletadas do Chernossolo e a GFE no material oriundo do Cambissolo (Figura 1).

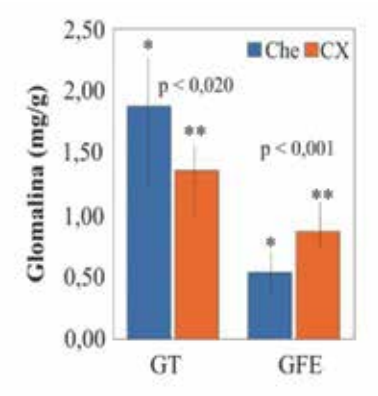



Figura 1. Conteúdo de Glomalina Facilmente Extraível (GFE) e Glomalina Total (GT) em amostras superficiais coletadas de um Chernossolo (CHE) e de um Cambissolo (CX).

As características distintas relativas à pedogênese de ambos os solos podem ajudar a explicar tais diferenças. Estruturas tipo glomalinas a pH ácidos podem possuir os grupamentos amino ($-NH_2$) protonados ($-N^+H_3$), e, portanto, favorecer interações de tipo eletrostáticas com superfícies carregadas negativamente nas argilas 2:1 (KLEBER et al., 2007), que estão presentes no Chernossolo. Esta capacidade pode facilitar outros tipos de interações e, portanto, aumentar a quantidade de estruturas proteicas formando parte da matéria orgânica mais humificada. Já no Cambissolo esta capacidade de interação pode estar mais obstaculizada pela limitação na disponibilidade de carga e, portanto, outras interações poderiam preservar a GT neste solo, por exemplo, a glicoxidação (ligações entre proteínas e carboidratos, com domínio de açúcares para a superfície propiciando uma superfície mais hidrofóbica) (SHENTAL-BECHOR et al., 2008).

A fração de GFE superior nas amostras do Cambissolo pode ser um reflexo ou consequência do anteriormente explicado. Nesta classe de solo, a glomalina produzida só pode persistir mediante mecanismos de estabilização hidrofóbicos, quais sejam: glicoxidação (SHENTAL-BECHOR et al., 2008), estabilização intrínseca estrutural (HAKANPÄÄ et al. 2004) ou formação de complexos orgânicos proteínas-taninos (BARBEHENN et al. 2011).

## CONCLUSÕES

O presente trabalho ressaltou que diferentes tipos de solos podem influenciar nas características de seus materiais orgânicos. No exemplo do estudo, verificou-se que a glomalina, glicoproteína produzida e liberada pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMA), comportou-se de maneira bastante distinta em solos que sofreram processos diferentes de pedogênese. No Chernossolo, com textura mais argilosa, houve predomínio da fração glomalina total (GT), mais estabilizada nas superfícies com cargas negativas das argilas 2:1. Por sua vez, no Cambissolo (textura mais arenosa) a fração predominante

da glomalina foi a facilmente extraível (GFE), mais lábil, recém-sintetizada pelos FMA, uma vez que neste solo as interações dos compostos orgânicos são limitadas pela menor abundância de cargas, reduzindo seu acúmulo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFRRJ, à Embrapa Agrobiologia, à CAPES, ao CNPq e à FAPERJ.

## REFERÊNCIAS

Acree, A., Weindorf, D. C., Paulette, L., van Gestel, N., Chakraborty, S., Man, T., ... Prieto, J. L. (2020). *Soil classification in Romanian catenas via advanced proximal sensors. Geoderma, 377, 114587.*

Bertagnoli, B. G. P., Oliveira, J. F., Barbosa, G. M. C., & Colozzi Filho, A. (2020). *Poultry litter and liquid swine slurry applications stimulate glomalin, extraradicular mycelium production, and aggregation in soils. Soil and Tillage Research, 202, 104657.*

Brinkmann, K., Samuel, L., Peth, S., & Buerkert, A. (2018). *Ethnopedological knowledge and soil classification in SW Madagascar. Geoderma Regional, 14, e00179.*

COSTA, E. M. *Mapeamento digital de solos por regressão logística múltipla em ambiente de Mar de Morros em Pinheiral, RJ.* 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Das, S., Ganguly, D., Chakraborty, S., Mukherjee, A., & De, T. K. (2020). *The first report of Glomalin from the Sundarban Mangrove Biosphere Reserve, India, a long-term sediment Carbon storage. Regional Studies in Marine Science, 101398.*

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 . ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p, 1997.

He, J.-D., Chi, G.-G., Zou, Y.-N., Shu, B., Wu, Q.-S., Srivastava, A. K., & Kuča, K. (2020). *Contribution of glomalin-related soil proteins to soil organic carbon in trifoliate orange. Applied Soil Ecology, 154, 103592.*

Kõlli, R., & Rannik, K. (2018). Matching Estonian humus cover types' (pro humus forms') and soils' classifications. Applied Soil Ecology, 123, 627–631.

Nautiyal, P., Rajput, R., Pandey, D., Arunachalam, K., & Arunachalam, A. (2019). *Role of glomalin in soil carbon storage and its variation across land uses in temperate Himalayan regime. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 101311.*

Silva, C. F.; Simões-Araújo, J.L.; Silva, E.M.R.; Pereira, M.G.; Freitas, M.S.M.; Saggin Júnior, O.J.; Martins, M.A. *Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia.* Ciência Florestal, Santa Maria, v.22, n.4, p.749-761, 2012.

Wright, S. F.; Upadhyaya, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Science, v. 161, n. 09, p. 575-586, 1996.

Yeomans, J.C. & Bremner, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Com

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fertilizante organomineral remineralizador e ectomicorriza no crescimento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Sinara Barros[1]; Juliano de Oliveira Stumm[2]; Ricardo Turchetto[3]; Ana Paula da Silva[4]; Rodrigo Ferreira da Silva[5]; Clóvis Orlando da Ros[6]

[1]Estudante de Pós Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro, s/n - BR386, km 40, Frederico Westphalen, RS. CEP: 98400-000. sinarabarros@yahoo.com.br; [2]Engenheiro Agrônomo e Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria; [3]Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Santa Maria; [4]Estudante de Graduação, Universidade Federal de Santa Maria; [5]Professor Doutor, Universidade Federal de Santa Maria; [6]Professor Doutor, Universidade Federal de Santa Maria.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do Eucalipto está consolidado como a principal espécie nos empreendimentos silvícolas do país, com mais de 5,6 milhões de hectares no ano de 2014 (ABRAF, 2016). É destinado para produção de papel e celulose, o que gera anualmente mais 11 milhões de toneladas em exportações (IBÁ, 2019). O plantio dessa espécie florestal no Brasil é destinado às áreas com solo degradado devido ao baixo investimento financeiro destinado para o seu cultivo. Com isso, a produção silvícola nessas áreas fica comprometida, pois os solos originalmente são pobres em fertilidade.

A adubação orgânica (e/ou mineral) é vantajosa em cultivos florestais, e representa uma alternativa promissora, para que a produtividade possa ser aumentada com custos baixos (PELISSARI et al., 2009). Entre as adubações orgânicas, a produção de fertilizantes organominerais como alternativa para o aproveitamento dos resíduos de suínos e aves tem crescido no Brasil, mediante o emprego de técnicas de compostagem ou tratamento físico (secagem e trituração do resíduo) e enriquecimento com fertilizantes minerais (BENITES et al., 2013).

Os microrganismos do solo também têm um papel fundamental na aquisição de nutrientes pelas plantas. Segundo trabalhos conduzidos por Weirich (2013) o *E. grandis* apresenta-se favorável a associação com isolados de fungos ectomicorrízicos do gênero *Pisolithus*. Neste sentido, O trabalho tem como objetivo possibilitar a utilização de adubos organominerais remineralizadores do solo e ectomicorriza no crescimento de *E. grandis*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido em ambiente protegido, em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen. Para a condução do experimento um substrato foi produzido artificialmente, a partir do solo original Latossolo Vermelho, com a adição de areia média na proporção de 50% (v/v).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (4 x 2) com 4 fertilizantes organominerais remineralizadores (fertilizante mineral – FM, fertilizante remineralizador – FM+REMS, fertilizante organomineral – FOM, e fertilizante organomineral remineral-

lizador – FOMREMS), com e sem micorrização das mudas com *Pisolithus microcarpus* (isolado UFSC-PT116) e 8 repetições. O fungo ectomicorrízico foi obtido na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e multiplicado por 30 dias anteriores a implantação do experimento em meio de cultura sólido MNM (Merlin-Norkrans Modificado) (MARX, 1969), em placas de Petri, acondicionadas em incubadora tipo BOD a 25ºC.

As sementes da espécie de *Eucaliptus grandis* foram desinfetadas com hipoclorito de sódio 5% por 20 min, lavadas em água corrente por 5 minutos e semeadas em bandejas de poliestireno com substrato comercial esterilizado em autoclave a 121ºC em 3 ciclos de 30 minutos. Quando as mudas atingiram 4 pares de folhas definitivas (cerca de 10 cm) foi realizado o transplante para vasos de polietileno de 5 L, o qual constituiu a unidade experimental. Os fertilizantes foram incorporados ao solo+areia do vaso antes do transplante das mudas de acordo com recomendações do manual da SBCS (2016).

No momento do transplante foi realizada a inoculação com a ectomicorriza *Pisolithus microcarpus*. O inóculo foi preparado em liquidificador, onde 21 colônias, contidas em 10 placas de Petri, foram trituradas em 500 mL de água destilada por 10 segundos. Para a inoculação foi aplicado 10 mL dessa solução, com uma seringa graduada, diretamente nas raízes das mudas e no solo+areia em contato com as raízes no momento do plantio. A testemunha também recebeu 10 mL de uma solução contendo somente o meio de cultura MNM.

Ao longo da condução do experimento, foram realizadas avaliações de altura de planta, com régua graduada da base do solo até a última folha expandida do ramo principal e diâmetro de colo com paquímetro digital, aos 7 DAT (Dias após o transplante), 21 DAT e 35 DAT.

O experimento foi conduzido por 100 dias após o transplante (DAT). Durante esse período foram realizadas irrigações diárias, com o uso de um sistema automático de microaspersão, aplicando 7 mm de lâmina diária de irrigação.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando observada a significância foi realizado a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a variável altura de planta, pode-se observar que nas primeiras avaliações, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos com fertilizante mineral, porém, aos 35 DAT, os fertilizantes organomineral e remineralizador proporcionaram maior altura de planta (Tabela 1). Esse resultado está relacionado com a velocidade de liberação dos nutrientes, onde em fertilizantes minerais estão prontamente disponíveis, no entanto, nas adubações orgânicas os nutrientes são liberados de forma mais lenta (BONFIM-SILVA et al., 2020). Além disso, na última avaliação, as menores médias foram observadas para o fertilizante FM+REMS, o que está relacionado com a natureza de liberação de seus nutrientes. Segundo Prates et al. (2012), os remineralizadores apresentam grande instabilidade no solo relacionado a sua maior ASE, podendo disponibilizar seus nutrientes em diferentes prazos, sendo que, a curto prazo a liberação é muito mais influenciada pela natureza de seus minerais, do que pela sua granulometria.

Em relação a ectomicorrização, observa-se que a mesma apresentou maiores valores de altura de planta, quando comparadas com os tratamentos sem ectomicorriza, porém sem efeito aos 35 DAT (Tabela 1). Resultado semelhante foi obtido por Weirich et al. (2018) e Steffen et al. (2011), ao avaliarem a mesma espécie florestal e a ectomicorriza *Pisolithus microcarpus*.

Para diâmetro de colo, não foram observadas diferenças significativas na primeira avaliação, seguindo a mesma tendência da altura de planta. A partir dos 21 DAT, notou-se que as adubações FOM e FOMREMS proporcionaram diâmetro de colo maior em relação as demais fontes utilizadas (Tabela 2). Ceconi et al (2006), trabalhando com mudas de açoita-cavalos, evidenciaram que o diâmetro de colo tem uma estreita correlação com a sobrevivência e o ritmo de crescimento após o plantio a campo, com as mudas mais bem nutridas apresentando os melhores valores para essa variável.

O uso de ectomicorriza, por sua vez, não teve diferença significativa para esta variável, a qual obteve valores semelhantes aos tratamentos sem micorriza.

## CONCLUSÕES

O uso de fertilizante organomineral e fertilizante organomineral remineralizador promove maior altura e diâmetro de colo em plantas de *Eucalyptus grandis* após o transplante em relação aos fertilizantes minerais.

A utilização dos fertilizantes inibiu o efeito da ectomicorrização com *Pisolithus microcarpus* no desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus grandis*.

## REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário brasileiro de silvicultura 2016. Santa Cruz do Sul, RS. Ed. Gazeta. 2016. 60 p.

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores. Cenários Ibá: Estatísticas da indústria brasileira de árvores, 3º trimestre de 2019. Brasilia, DF. 1 ed. 2019.

Benites, V. D. M., Correa, J. C., Menezes, J. F. S., Polidoro, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: worshop internacional y taller nacional valorización de residuos, oportunidad para la innovación, 2013, Pucón, Chile. Anais. Chile: CIDGRO, 2013.

Bonfim Silva, Edna Maria et al. Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete/Mineral, organic and organomineral fertilization in rabanet culture. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 23300-23318, 2020.

Ceconi, D. E., Poletto, I., Brun, E. J.; Lovato, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (Luehea divaricata Mart.) sob influência da adubação fosfatada. Cerne, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

Marx, D. H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. Phytopathologist, Saint Paul, v. 59, p. 153-163, 1969.

Pelissari, R. A., Sampaio, S. C., Gomes, S. D., Crepalli, M. D. S. Lodo têxtil e água residuárias da suinocultura na produção de mudas de Eucalyptus grandis (W. Hill ex Maiden). Engenharia Agrícola, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

Prates, F. B. de S. et al. Crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 2, p. 207-213, 2012.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Manual de Calagem e Adubação para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre, 2016, 376p.

Steffen, R. B. et al. Ação do óleo essencial de eucalipto na micorrização e no estabelecimento de Eucalyptus grandis em solo contaminado por cobre. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, p. 245-255, 2011.

Weirich, Sidinei Wolnei et al. Influência de ectomicorrizas no crescimento de mudas de Eucalyptus grandis, Corymbia citriodora, Eucalyptus saligna E Eucalyptus dunnii. Ciência Florestal, v. 28, n. 2, p. 765-775, 2018.

Weirich, S. W. Eucalipto e ectomicorrízas para fitorremediação de solos contaminados com zinco. Dissertação de mestrado, programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente. UFSM. 2013. 97 p.

# Implicações da remoção da palhada da cana-de-açúcar na macrofauna do solo

Beatriz da Silva Vanolli[1]*; Victor Ferreira Maciel[2]; Felipe Bonini da Luz[3]; Martha Lustosa Carvalho[1]; Daniel Aquino de Borba[1]; Maurício Roberto Cherubin[4]

[1]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Nutrição de Solos e Plantas, ESALQ-USP. *beatrizvanolli@usp.br;
[2]Acadêmico de Engenharia Agronômica, ESALQ-USP.
[3]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Nutrição de Solos e Plantas, ESALQ-USP
[4]Professor, Departamento de Ciência do Solo, ESALQ-USP.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar (Saccharum spp.), com área colhida estimada em 8,4 milhões de hectares na safra 2019/2020 e produção próxima de 642 milhões de toneladas. Grande parte da área cultivada está localizada na região centro-sul do país (92%), onde a colheita é realizada de forma mecanizada na grande maioria (CONAB, 2020). Após a colheita, 10 a 20 $Mg.ha^{-1}$ de palhada permanece no campo sobre a superfície do solo, contribuindo para a ciclagem e estoque de nutrientes, aumento do estoque de carbono, controle de processos erosivos, regulação da temperatura do solo, além de favorecer comunidades biológicas, fatores que combinados contribuem para a qualidade do solo (CHERUBIN et al., 2019; CARVALHO et al., 2017). Todavia, a palha da cana-de-açúcar têm sido considerada uma fonte de matéria prima economicamente viável para a produção de bioenergia, tanto através da queima da biomassa para cogeração de energia elétrica ou produção do etanol de segunda geração (CARVALHO et al., 2017; CERVI et al., 2019). Uma vez que a palha é retirada do campo todos os seus benefícios ao agro ecossistema são afetados. A dimensão desses impactos são ainda pouco investigados, principalmente sobre a macrofauna do solo (MENANDRO et al., 2019).

A macrofauna é composta por pequenos invertebrados com diâmetro de corpo superior a 2 mm (e.g. cupins, formigas, minhocas, besouros, entre outros), os quais podem ser vistos a olho nu (LAVELLE et al., 2001). Justamente pelo seu tamanho e comportamento no solo, os organismos da macrofauna são também chamados de engenheiros do ecossistema, e sua atuação é um dos primeiros mecanismos que posteriormente irão contribuir na estruturação do solo e estabilização de agregados, construção de bioporos, infiltração de água e distribuição da matéria orgânica no perfil do solo (JOUQUET et al., 2006). A fauna do solo é considerada sensível à alterações ocorridas no ambiente, práticas de manejo agrícola (e.g. adubação e aplicação de produtos fitossanitários, preparo de solo, remoção de palhada) (BARETTA et al., 2011). Avaliar a macrofauna epígea é, portanto, uma estratégia viável e operacionalmente simples para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção e principalmente o impacto da remoção de palha na qualidade do solo.

A hipótese deste trabalho é que a remoção de palha no cultivo de cana-de-açúcar reduz a abundância e diversidade de macroinvertebrados do solo. Portando, o objetivo é entender o impacto da remoção da palha de cana-de-açúcar ao longo de 8 anos sobre a abundância e diversidade da macrofauna do solo, de modo a direcio-

nar a indústria canavieira e produtores os melhores caminhos para uma remoção estratégica da palha, a fim de minimizar os efeitos negativos sobre as comunidades biológicas do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Caracterização da área:**

Realizamos o estudo na cidade de Brotas no estado de São Paulo (principal produtor de cana do Brasil), que está localizado na região centro-sul do Brasil. O solo é caracterizado como Neossolo Quartzarênico, possuí 10% de argila e está situado em uma região de expansão agrícola. A cana-de-açúcar é cultivada em áreas comerciais desde 1998 com preparo do solo convencional (i.e. aração e gradagem). No entanto, o manejo da colheita sem queima começou nos últimos 8 anos. A colheita na área é mecânica em que a palha é distribuída de forma uniforme na lavoura e depois faz-se a operação de aleiramento onde a palha é retirada da linha e adicionada na entrelinha, resultando na deposição de palha no mesmo local no decorrer dos anos.

A lavoura canavieira tem sido manejada de forma homogênea (aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais, agrotóxicos e operações de colheita) de acordo com recomendação agronômica. No entanto, durante o período de avaliação não foram aplicados agrotóxicos na cultura. Dividimos a área em dois locais, i) Cana soca sem palhada e ii) Cana soca com palhada, para posterior amostragem.

**Coleta e identificação da Macrofauna epígea:**

Foram instaladas, em cada local, cinco armadilhas de queda, espaçadas 50 m entre si. A armadilha do tipo "Pitfall" utilizada recebe o nome de Trampa de Provid, idealizada por Antoniolli et al. (2006). Consiste em uma garrafa do tipo Pet com capacidade de 2 litros, contendo 4 aberturas com dimensões de 6 x 4 cm na altura de 20 cm de sua base (ANTONIOLLI et al., 2006) contendo em seu interior 200 mL de álcool 70% e 5 gotas de formol a 2%. Elas foram enterradas no solo ao nível da superfície do solo e mantidas no campo durante dez dias. Após esse período os macro invertebrados coletados foram identificados a nível de Classe, Subclasse, Ordem e/ou Família com auxílio de microscópio estereoscópico, com aumento de 40 vezes.

**Análise dos resultados:**

Após a identificação e quantificação dos componentes epígeos foram determinados: Abundância total de organismos (indivíduos m2), riqueza taxonômica (número de táxons de macrofauna), índice de diversidade de Shannon (H') e índice de Pielou. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk's ($p < 0,05$). Posteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para testar o efeito da palhada e quando significativo ($F < 0,10$) as médias das variáveis serão comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,10$).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando R v3.5.1 (The R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria) (R Core Team, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No geral, a macrofauna do solo foi sensível à remoção da palha da cana-de-açúcar. Pode-se notar que a prática de remoção de palhada não alterou a abundância dos macroinvertebrados (Fig. 1A), porém, a riqueza, diversidade e uniformidade de táxons foi reduzida quando se removeu a palhada do solo (Fig. 1B;C;D).

O índice de Shannon (diversidade) está no máximo quando todos os táxons são de igual abundância e é 0 quando há apenas um táxon. O índice de Pielou (uniformidade) representa a distribuição dos táxons e avalia o equilíbrio das

populações. É igual a 1 quando todos os táxons são de igual abundância, e tende a 0 quando um ou alguns táxons dominam amplamente a comunidade. Com isso, pode-se notar que maiores índices foram encontrados na cana soca com acúmulo de palhada, indicando maior diversidade de táxons com equilíbrio das populações em relação a cana soca sem acúmulo de palhada.

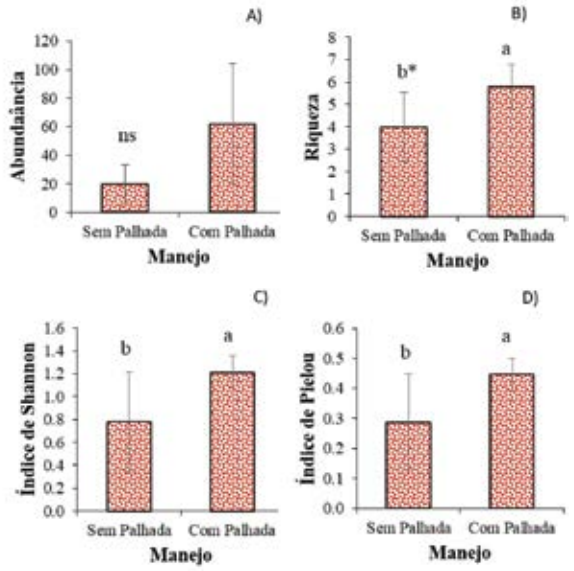



Fig. 1. Abundância da macrofauna epígea (A), riqueza taxonômica (B), diversidade (C) e uniformidade de táxons (D) em função da mudança da remoção ou não da palhada da cana-de-açúcar. *Medias seguidas por letras diferntes diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,10$). $^{ns}$ Não significativo

A abundância geral da macrofauna no sistema variou em torno de 10 táxons na cana soca com palhada a 7 táxons na cana soca sem palhada. Um total de 11 táxons da macrofauna do solo foram identificados. Os 10 grupos encontrados no manejo com palhada foram: Araneae, Coleoptera, Diptera, Formicidae, Blattodea, Hemiptera, Orthoptera, Dermaptera, Lepdoptera, Neuroptera (Fig. 2). O grupo Hymenoptera (excluindo Formicidae que foi tratado como um grupo separado) foi encontrado exclusivamente no manejo sem palhada (Fig. 2).

Alguns trabalhos relatam que o sistema de cultivo simplificado, sem diversidade de resíduos no solo, como é o caso da cana-de-açúcar, afetam negativamente as comunidades da macrofauna do solo, (FRANCO et al., 2016), fato que corrobora com nossos resultados. A manutenção de resíduos de culturas sobre a superfície do solo garante o bom funcionamento do solo (CHERUBIN et al., 2018).

Os grupos de besouros (Coleoptera) e formigas (Formicidae) desempenham papéis ecológicos importantes nos processos de ciclagem de nutrientes e fluxos de carbono no solo, o que reflete no incremento de matéria orgânica do solo e na dinâmica estrutural do solo (BOTTINELLI et al., 2015). Entretanto, com remoção da palhada estes grupos são consideravelmente afetados, principalmente o grupo Formicidae o que pode contribuir para redução da qualidade do solo nesta situação. Todavia, ao avaliar o impacto de taxas de remoção de palha na fauna edáfica em solos com textura argilosa e arenosa, Menandro et al. (2019), sugeriram que algumas espécies de besouros e formigas são consideradas pragas agrícolas e podem comprometer o crescimento vegetal e a produtividade agrícola, onde a redução na população destas espécies poderia ser benéfico para a cultura. Contudo, em nosso estudo não foi explorado a classificação em nível de espécie, o que limita está afirmação para o manejo com permanência da palhada sobre o solo.

A maior média de indivíduos (i.e. Coleoptera e Formicidae) no manejo com permanência da palhada, suporta a hipótese deste estudo. Além disso, o maior número destes indivíduos ao longo de 8 anos, pode contribuir para a formação de galerias no solo, o que promove maior conectividade de poros e consequentemente a melhoria da regulação e disponibilidade de água as plantas. Portando a manutenção da palhada sobre a superfície do solo pode contribuir na promoção de alguns serviços ecossistêmicos

do solo em áreas arenosas em processo de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, o que indica que estudos correlacionando a fauna do solo com outros fatores biológicos, além de processes físicos e químicos devem ser incentivados serão fundamentais para entender os fenômenos que ocorrem no solo em função da adoção de diferentes práticas de manejo.

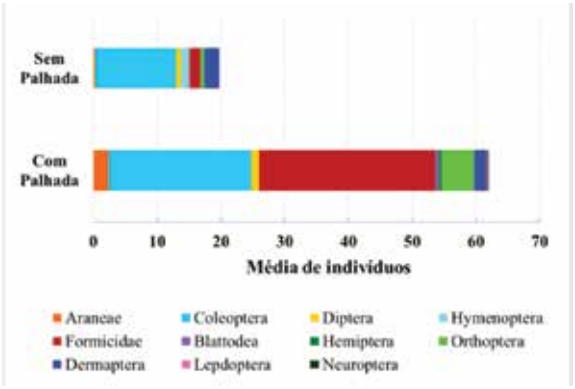



Fig. 2. Composição do grupo taxonômico da macrofauna epígea em área de Cana-soca com e sem palhada.

## CONCLUSÕES

A remoção excessiva de palhada prejudica acentuadamente a macrofauna epígea, impactando na redução de riqueza, diversidade e uniformidade da macrofauna do solo nessas condições.

Neste contexto, o manejo racional da palha é fundamental para aumentar a produção de bioenergia com mínima degradação a biodiversidade e saúde do solo.

**AGRADECIMENTOS**: Agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processos #2018/09845-7; 2019/15741-2; 2019/16764-6) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

Antoniolli, Z. I., Conceição, P. C., Böck, V., Port, O., Silva, D. M. D., & Silva, R. F. D. (2006). Método alternativo para estudar a fauna do solo. Ciência Florestal, 16(4), 407-417.

Baretta, D., Santos, J. C. P., Segat, J. C., Geremia, E. V., Oliveira Filho, L. D., & Alves, M. V. (2011). Fauna edáfica e qualidade do solo. Tópicos em ciência do solo, 7, 119-170.

Bottinelli, N., Jouquet, P., Capowiez, Y., Podwojewski, P., Grimaldi, M., & Peng, X. (2015). Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists?. Soil and Tillage Research, 146, 118-124.

Carvalho, J. L. N., Nogueirol, R. C., Menandro, L. M. S., Bordonal, R. D. O., Borges, C. D., Cantarella, H., & Franco, H. C. J. (2017). Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. GCB Bioenergy 9: 1181–1195.

Cervi WR, Lamparelli RAC, Seabra JEA, Junginger M, van der Hilst F (2019) Bioelectricity potential from ecologically available sugarcane straw in Brazil: A spatially explicit assessment. Biomass Bioener 122:391–399. doi: 10.1016/j.biombioe.2019.02.001

Cherubin, M. R., Lisboa, I. P., Silva, A. G., Varanda, L. L., Bordonal, R. O., Carvalho, J. L., ... & Cerri, C. E. (2019). Sugarcane straw removal: Implications to soil fertility and fertilizer demand in Brazil. Bioenergy Research, 12(4), 888-900.

Cherubin, M. R., Oliveira, D. M. D. S., Feigl, B. J., Pimentel, L. G., Lisboa, I. P., Gmach, M. R., ... & Paiva, S. R. D. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. Scientia Agricola, 75(3), 255-272.

Companhia Nacional de Abastecimento e Conab – CONAB, 2020. Cana-de-açúcar, análise mensal – Maio/Junho, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-cana-de-acucar/item/13745-cana-de-acucar-analise-mensal-maio-junho-2020 (24/08/20209)

Franco, A. L., Bartz, M. L., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E., Feigl, B. J., ... & Cerri, C. C. (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. Science of the Total Environment, 563, 160-168.

Jouquet, P., Dauber, J., Lagerlöf, J., Lavelle, P., & Lepage, M. (2006). Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. Applied soil ecology, 32(2), 153-164.

Lavelle, P., & Spain, A. V. (2001). Soil ecology. Springer Science & Business Media.

Menandro LMS, de Moraes LO, Borges CD, Cherubin MR, Castioni GA, Carvalho JLN. Soil Macrofauna Responses to Sugarcane Straw Removal for Bioenergy Production. BioEnergy Research. 2019; 12: 944-957.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência da Precipitação Pluvial Sobre a Fauna Edáfica em Área de Reserva Legal no Cerrado Piauiense

Pâmalla Graziely Carvalho Morais[1]; Daniela Fernandes de Oliveira[2]; Paloma Cunha Saraiva[3]; Cácio Luiz Boechat[4]

[1]Estudante, Universidade Federal do Piauí – UFPI; BR 135 km3 - Planalto Horizonte, Bom Jesus - PI, 64900-000, pamalla_grazielly@hotmail.com; [2]Estudante, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3]Estudante, Universidade Federal do Piauí – UFPI; [4]Professor, Universidade Federal do Piauí–UFPI.

## INTRODUÇÃO

Os biomas nativos brasileiros possuem uma das maiores biodiversidades do planeta, o cerrado é considerado o segundo bioma mais rico em biodiversidade, e se estende por uma área de dois milhões de km$^2$, ocupando um quarto do território nacional (SILVA et al., 2012).

De acordo com Jacobs et al. (2009) o solo caracteriza-se como um reservatório faunístico composto por uma grande diversidade de organismos que garantem o biofuncionamento e a sustentação de todo o bioma, uma vez que a maioria dos nutrientes disponíveis no solo para o crescimento das plantas depende de complexa interações entre raízes, microrganismos e a fauna do solo.

Marques & Del-Claro (2010) afirmam que os padrões de distribuição e abundância da fauna do solo em ecossistemas tropicais podem ocorrer notadamente em áreas com estação seca e chuvosa.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho caracterizar a diversidade da fauna edáfica, em duas épocas do ano (seca e chuvosa), em uma área de cerrado no sudoeste do Piauí.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

Localizada no município de Uruçuí – PI com coordenadas geográficas 07º13'46"S e 44º33'22" W, o estudo foi realizado na área de reserva legal da Fazenda Emílio, onde predomina as características originais e/ou remanescentes da vegetação de Cerrado. Segundo a classificação de Koppen o clima da região é Aw tropical de savana, com precipitação média anual de 1.200 mm (PRAGANA et al., 2012).

A coleta da fauna edáfica foi feita em duas épocas, a primeira sendo no mês de outubro de 2017, considerado como o período chuvoso e a segunda coleta no mês de abril de 2018, sendo considerado como período final das chuvas. Foram divididas quatro parcelas em uma área de 1,0 ha (100x100 m) da reserva. Em cada parcela foi feita uma coleta, totalizando quatro repetições dentro da área. Foi feito o lançamento aleatório de um quadro metálico amostrador 25x25 cm (0,065 m$^2$), segundo o TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), conforme Anderson & Ingram (1993) para a coleta do monólito na camada de 0,10 m.

No local foi feita uma triagem manualmente retirando os espécimes visíveis, e armazenados em álcool diluído, na proporção de 70%, com exceção de térmitas e minhocas, que foram preservados em formol (formaldeído 4%). Posteriormente a essa triagem foi coletado o solo juntamente com a serrapilheira, armazenados em sacos plásticos, esses sacos foram identificados e levados para o Laboratório de Recursos Ambientais da Universidade Federal do Piauí/ UFPI, Campus Profª Cinobelina Elvas, para a realização da triagem, contagem e identificação dos espécimes.

No laboratório os solos coletados foram colocados em bandejas de plástico branca, os organismos foram coletados com pinças e lupa de mão, após essa triagem foi feita a identificação dos espécimes a nível de ordem com o auxílio de lupas de bancadas e chaves taxonômicas (GALLO et al., 1988; LEITE & SÁ, 2010).

### Análise dos Dados e Estatística

Com as informações obtidas foram calculadas os índices de diversidade, equitabilidade, dominância e riqueza. A diversidade foi determinada utilizando-se o Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') (SHANNON & WEAVER, 1949). A análise de índice de diversidade foi feita no software PAST 3.0 (HAMMER et al., 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas épocas avaliadas (período seco e período chuvoso) foram identificados oito grupos taxonômicos da fauna edáfica. Nas duas coletas foram obtidos 56 indivíduos representados pelas ordens taxonômicas: Thysanura (8 indivíduos), Pseudoscorpionida (4 indivíduos), Araneae (8 indivíduos), Coleoptera Larval (8 indivíduos), Coleoptera Adulta (4 indivíduos), Hymenoptera (8 indivíduos), Isoptera (12 indivíduos), Scorpiones (4 indivíduos) **(Tabela 1)**.

**Tabela 1.** Número de indivíduos/m² (por ordem), riqueza e dominância da comunidade edáfica na camada de 0,10 m, nos períodos seco e chuvoso.

| Ordem | Área da Reserva Legal da Fazenda Emílio (Cerrado Nativo) | |
|---|---|---|
| | Período Seco | Período Chuvoso |
| Thysanura | 8 | - |
| Pseudoscorpionida | 4 | - |
| Araneae | 4 | 4 |
| Coleoptera Lar. | - | 8 |
| Coleoptera Ad. | - | 4 |
| Hymenoptera | - | 8 |
| Isoptera | - | 12 |
| Scorpiones | - | 4 |
| Total Indivíduos | 1 6 | 40 |
| Riqueza | 3 | 5 |
| Dominância | 0,37 | 0,2 |

No solo, esses organismos atuam realizando algumas atividades importantes para a sua manutenção como a decomposição da matéria orgânica, a produção de húmus, a ciclagem de nutrientes e energia, a produção de complexos que causam agregação do solo (HOFFMAN et al., 2009).

Observou-se um maior número de indivíduos e maior riqueza no período chuvoso em relação ao período seco **(Figura 1) (Tabela 1)**. Segundo Silva (2016) os organismos do solo são influenciados pela sazonalidade da precipitação e alguns recursos, como por exemplo, a temperatura e conteúdo de água do solo, com isso, acredita-se que na época de maior pluviosidade da área (período chuvoso) exista uma maior atividade desses organismos, considerando que as condições de umidade do solo são maiores em relação ao período seco. Souto (2006), também verificou em seu trabalho que no período de maiores índices pluviométricos foram encontrados maiores quantidades de indivíduos, o autor acredita que as condições favoráveis no micro-

clima do solo na estação chuvosa contribuíram para esses resultados.

Moço et al. (2005) e Jacobs et al. (2007) afirmam que na época das chuvas aumentam a oferta de alimentos, favorecendo assim a diversidade edáfica e que os elementos meteorológicos e/ou climáticos são fatores limitantes para crescimento da população de organismos do solo.

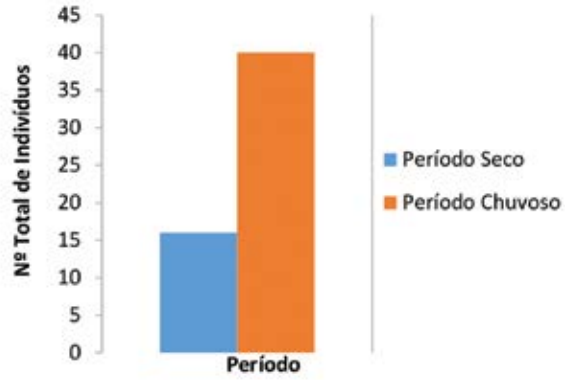



Figura 1. Número total de indivíduos no período seco e chuvoso.

No período de seca (outubro/2017) constatou-se que o valor percentual de indivíduos da ordem Thysanura foi o que apresentou maior número de indivíduos na área estudada, totalizando 50% (Figura 2). Já para o período chuvoso (abril/2018) a ordem Isóptera apresentou o maior número na área estudada totalizando 30% (Figura 3). Os isópteras desempenham importante papel ecológico na ciclagem de nutrientes e aeração do solo, sendo considerados engenheiros do ecossitesmas (LIMA et al., 2010).

Com frequência de 10% (adulto) e 20% na forma larval (Figura 3) as coleópteras foram identificadas apenas no período chuvoso, esses organismos (principalmente quando estão em fase larval) atuam na incorporação e decomposição da matéria orgânica, contribuindo para a formação e estabilização dos agregados do solo (SILVA et al., 2012).




Figura 2. Frequência da comunidade edáfica no período seco.

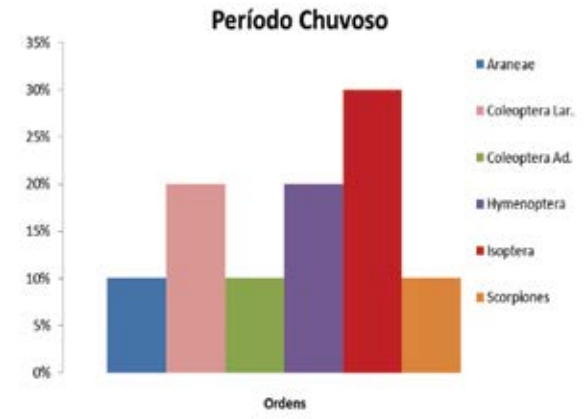



Figura 3. Frequência da comunidade edáfica no período chuvoso.

A tabela 2 mostra o valor do índice de diversidade de Shannon, segundo Spellerberg & Fedor (2003), o índice de Shannon mede o grau de incerteza, prevendo qual espécie pertenceria um individuo sendo retirado aleatoriamente da população, sendo que quanto menor for o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. O período seco apresentou um menor valor em relação ao período chuvoso, afirmando que nessa época a diversidade fauna edáfica é baixa.

Tabela 2. Índice de Diversidade de Shannon (H') no período seco e chuvoso.

| Índice | Período | |
|---|---|---|
| | Seco | Chuvoso |
| Índice de Shannon (H') | 1 | 1,69 |

## CONCLUSÕES

Os períodos (seco e chuvoso) influenciaram na variação e distribuição da densidade de fauna, riqueza de espécies, índice de Shannon.

Tanto a diversidade da fauna edáfica como a riqueza de indivíduos aumentou no período chuvoso.

## REFERÊNCIAS

Anderson JM, Ingram JSI. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2. ed. CAB International, Wallingford, 1993.

Gallo D, Nakano O, Silveira N, Carvalho RPL, BATISTA GC, Berti Filho E, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramim JD. Manual de Entomologia Agricola, Ed. Agron. deres Ltda, 1988. 649 p.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, v.4, n.1, 2001.

Hoffmann RB, Viana Nascimento MS, Diniz AA, Araújo LHA, Souto JS. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. Revista Caatinga, vol. 22, num. 3, Julio-Septembre, 2009.

Jacobs LE. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. Revista Caatinga, vol. 22, num. 3, Julho - Setembro, 2009.

Jacobs LE, Eltz FLF, Rocha MR, Guth PL, Hilckman C. Diversidade da fauna edáfica em campo nativo, cultura de cobertura milho + feijão de porco sob plantio direto e solo descoberto. In: XXXI Congresso brasileiro de ciência do solo, Gramado. Anais... Gramado, SBCS, 2007.

Leite GLD, Sá VGMS. Apostila: Taxonomia, Nomenclatura e Identificação de Espécies. 2010. Disponívelem:https://halley.admserv.ufmg.br/ica/wpcontent/uploads/2017/06/Apostila_Entomologia_Basica.pdf.Acesso em: 30/06/2020.

Lima SS, Aquino AM, Leite LFC, Velásquez E, Lavelle P. relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes ecossistemas. pesquisa agropecuária brasileira, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

Marques GDV, Del-claro K. Sazonalidade, abundância e biomassa de insetos de solo em uma reserva de Cerrado. Revista Brasileira de Zoociências, v.12, n.2, p.141-150, 2010.

Moço MKS, Gama-Rodrigues EF, Gama-Rodrigues A C, Correia MEF. Caracterização da Fauna Edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 555-564, 2005.

Pragana RB, Rafaela RSA, Ribeiro MR, Lustosa Filho JF. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 851-858, 2012.

Shannon EV, Weaver W. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

Silva J, Jucksch I, Maia CI, Feres A, de Castro Tavares R.. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v.3, n.2, p.59-71, 2012.

Silva AM. Dinâmica temporal da fauna edáfica em áreas de caatinga sob pastejo caprine. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Silva J, Jucksch I, Tavares RC. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agroecologia, v.7, p.112-125, 2012.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência do Microgeo® na Estrutura e Função de Solos sob Plantio Experimental

Bruna Gasparrini Tondelo[1]; Sara Tiemi Nishida[2]; Nataniel Osmar Risse[2]; Marco Antonio Bacelar Barreiros[3]; Luciana Grange[3]

[1]Estudante, Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina, Rua Cartola, 572B, Palotina – Paraná, 85950-000, tondelobruna@gmail.com; [2]Estudante; Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina; [3]Professor; Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina;

## INTRODUÇÃO

A demanda por maior produção de alimentos, fibras e forragens, advinda do grande crescimento da população mundial acelera a degradação dos solos pelo aumento dos processos erosivos, diminuição dos teores de C orgânico e redução da atividade e diversidade biológica, com consequentes prejuízos na produção agrícola e na sustentabilidade dos agroecossistemas (WADT, 2003).

É sabido que diferentes sistemas de manejo do solo, incluindo tipo de preparo (plantio direto), rotações ou culturas intercalares e adição de fertilizantes orgânicos ou minerais acarretam profundas alterações nos componentes físicos, químicos e biológicos do solo, gerando mudanças qualitativas e quantitativas na microbiota e na sua atividade. Nesse sentido, a adição de fertilizantes orgânicos funciona como condicionador do solo, formando agregados, fornecendo matéria orgânica de forma a aumentar a CTC (capacidade de troca catiônica) e mais especialmente estimula a atividade e diversidade biológica pela adição de substratos e nutrientes (BALOTA, 2017).

Neste ramo de fertilizantes orgânicos destam-se produtos como o Microgeo®. O produto é composto por uma grande diversidade de micro-organismos, alguns destes são bactérias além de fungos e leveduras. A composição de bactérias (%) varia de acordo com o local de instalação da biofábrica, visto que para a montagem da biofábrica que produzirá o adubo biológico são necessários 15% do volume do tanque de esterco bovino ou conteúdo ruminal (MICROGEO, 2019).

Conforme estudos publicados por Bellini et al. (2012), a aplicação do biofertilizante Microgeo® contribuiu para a manutenção do pH do solo após a colheita da cultura da soja, manutenção da matéria orgânica (MO) e aumento da disponibilidade de fósforo (P) no solo, além de demonstrar influência na descompactação do solo.

Para tanto, como uma forma mais completa de avaliar as práticas de manejo do solo, detectar tendências de mudanças na qualidade do solo, orientar nas decisões de manejo e determinar o planejamento e potencial de uso pode-se utilizar os indicadores de qualidade do solo (IQS) (BALOTA, 2017). "Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser

classificados como físicos, químicos e biológicos" (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

"Os parâmetros microbiológicos conseguem detectar alterações na qualidade do solo antes de qualquer parâmetro físico ou químico do solo" (HUNGRIA et al., 2013). Destacam-se como indicadores biológicos: número de microrganismos, quantificação do C-BMS, atividade microbiana (respiração basal do solo - RBS, enzimas do solo ou outro produto específico), N mineralizável e taxa de nitrificação entre outros (BALOTA, 2017).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos indicadores biológicos da qualidade de solo a partir da aplicação ou não do adubo biológico Microgeo® e sua associação com a inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum* na cultura do trigo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na casa de vegetação 2 da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, utilizando solo classificado como latossolo vermelho eutroférrico. A condição química do solo utilizado para enchimento dos vasos segue resumidamente na (Tabela 1).

O experimento foi montado sob delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições. Sendo os tratamentos avaliados: T1- Controle; T2- Inoculação com *Azospirillum*; T3- Microgeo® e T4- Inoculação com *Azospirillum*+Microgeo®. Para tanto foram utilizados vasos de 4 L.

Os vasos foram adubados quimicamente conforme recomendação, sendo 37,5 kg $ha^{-1}$ de P (fósforo), 37,5 kg $ha^{-1}$ de K (potássio), 25 kg $ha^{-1}$ e 62,55 kg $ha^{-1}$ de N (nitrogênio) na base e a lanço, respectivamente. A cultivar de trigo utilizada no experimento foi a TBIO Toruk, alocando 4 sementes por vaso. O plantio foi realizado no dia 22 de maio e o experimento foi conduzido com a realização de arranque de plantas daninhas e não necessitou a aplicação de produtos fitossanitários.

Para a inoculação das sementes nos tratamentos T2 e T4 utilizou-se *Azospirillum brasiliense* cepas AbV5 e AbV6 da empresa Stoller®. O produto conta com a concentração de $2x10^8$ UFC (unidade formadora de colônia) $ml^{-1}$ e a dosagem utilizada neste experimento foi a dosagem de 100 ml por hectare e a inoculação das sementes ocorreu simultaneamente com o plantio.

A montagem da biofábrica para produção do adubo biológico Microgeo® foi realizada utilizando-se de 15% do volume da caixa d'água com esterco bovino, 5% de Microgeo® e completando o resto com água desclorada. Após a montagem esperou-se 15 dias para utilização do produto, realizando-se a homogeneização da biofábrica uma vez por semana. A dosagem utilizada do produto foi de 150 L $ha^{-1}$, realizando-se a aplicação 30 dias após o plantio.

Ao final do ciclo da cultura do trigo foram retiradas amostras de solo da rizosfera para serem determinadas a respiração basal do solo (RBS). Para tanto utilizou-se o procedimento adaptado de Jenkinson & Powlson (1976). O valor de raiz fresca foi obtido no momento de desmontagem dos vasos. Posteriormente, as raízes foram secas em estufa por 72 horas a 50ºC de forma a obter-se o peso de raiz seca. Ao serem retiradas dos vasos, as plantas foram mensuradas para obtenção da altura em centímetros e os grãos coletados para obter a massa de 1000 grãos (M1000). Para o peso de mil grãos as espigas foram debulhas, os grãos contados e posteriormente pesados. Todos os dados foram avaliados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando o Programa R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A respiração basal do solo (RBS) é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o $CO_2$ é produzido, destacando a liberação deste por bactérias e fungos via degradação da matéria orgânica (MO) (SILVA et al., 2007). Pelos valores de RBS (**Tabela 2**), se observou que a respiração mais eficiente foi encontrada para o solo sob inoculação somente com *Azospirillum* (T2) em relação ao controle. Sob condições de densidade microbiana muito intensa (T3 e T4), em CV, a RBS tende a aumentar no solo em detrimento a energia que poderia ter sido direcionada para o crescimento da planta. Como pode ser observado na tabela acima, a respiração basal do solo foi influenciada pela introdução de microrganismos via Microgeo®, apresentando maior valor (0,6953 mg de C-$CO_2$ $kg^{-1}$ $h^{-1}$) quando a aplicação foi associada a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum*.

Segundo Colman et al. (2013), a atividade microbiana normalmente está associada à quantidade de microrganismos. Sendo assim, uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006). Porém Araújo et al. (2007) destaca que uma alta RBS só será positiva para o sistema se estiver acontecendo numa condição com boa fonte de carbono orgânico, caso contrário, é possível que esta respiração esteja apontando para um desgaste energético, seja por morte celular devido a condições abióticas adversas, seja por competição com fitopatógenos de solo e ou entre si, por alimento e espaço.

Para Silva et al. (2014) a aplicação do biofertilizante em questão ocasionou melhorias na camada mais superficial do solo (0,00-0,007 m) sobre as características de densidade do solo e macroporosidade. Garcia et al. (2020), verificou que a aplicação de Microgeo® no início das chuvas, uma vez ao ano, aumenta a disponibilidade de P via Superfosfato simples. Estes dados corroboram com os descritos por Bellini et al. (2011) que além do aumento da disponibilidade de fósforo, observaram a manutenção do pH e incremento de matéria orgânica pós colheita do arroz.

Quanto aos aspectos agronômicos (**Tabela 3**), diferença significativa foi encontrada pelo teste Tukey a 5% para o aspecto AP. O melhor valor encontrado foi para o T2 novamente e, este tratamento também foi o que apresentou as melhores médias para os outros aspectos. Este valor corrobora com a afirmativa valor de maior eficiência da RBS apontando anteriormente. Nas condições de T3 e T4, a competição que ocorre no início do estabelecimento da comunidade introduzida em grande quantidade, não permite que haja ganhos vegetativos para as plantas.

Mumbach et al. (2019), não observaram diferença no rendimento da matéria seca do trigo em função da utilização de fertilizantes orgânicos, minerais, organominerais e o controle sem adubação. Sánchez et al. (2006), testaram 9 tipos de fertilizantes orgânicos comerciais em 3 dosagens (5, 20 e 40 t $ha^{-1}$) e apenas 30% dos tratamentos incrementaram significativamente o crescimento e a acumulação de nutrientes na cultura do trigo.

## CONCLUSÕES

A introdução de microrganismos via Microgeo® (T3 e T4) elevou os valores de RBS. Porém, têm-se a inoculação de *Azospirillum* de forma isolada (T2) como respiração mais eficiente.

Avaliando os aspectos agronômicos massa fresca de raiz, massa seca de raiz, altura de plantas e peso de 100 grãos, averiguou-se melhoria

significativa quanto à altura de plantas utilizando *Azospirillum* de forma isolada (T2).

**AGRADECIMENTOS:** A Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina e ao Grupo de Pesquisa em Fixação Biológica de Nitrogênio (FIXTEC).

## REFERÊNCIAS

Araujo ASF, Monteiro RTR. Indicadores biológicos de qualidade do solo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, n. 3, 66-75 p., 2007.

Araujo R, Goedert WJ, Lacerda MPC. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 31. 2007. p. 1099-1108.

Balota EL. Manejo e Qualidade Biológica do solo. 1 ed. Londrina: Mecenas, 2017.

Bellini G, Filho ES, Moreski HM. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre atributos físicos e químicos do solo. In: Encontro Internacional de Produção Científica, VII, 2011, Maringá. Anais.

Bellini G, Filho ES, Moreski HM. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos do solo no cultivo rotacionado de arroz (*Oriza sativa*), milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*). In: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, VI, 2012, Maringá. Anais.

Colman BA, Salton JC, Mercante FM. Indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade do solo em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXIV, 2013, Florianópolis. Anais.

Cunha EQ, Stone LF, Ferreira PB, Didonet AD, Moreira JAA, Leandro WM. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II – Atributos biológicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 35, 2011. 603-611 p.

Doran JW, Parkin TB. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.1-20. (Special, 35).

Garcia ALA, Lacerda GR, Filho MJ, D'Andrea PA, Filho SV, Bartelega L, Domingueti T, Carli Jr, Reis AM. Efeito do adubo biológico Microgeo® na dinâmica do fosforo, na cultura do café. 2020. Disponível em:< sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7097/5_41-CBPC-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 ago. 2020.

Hungria M, Nogueira MA, Mercante FM, Silva, AP. Qualidade do solo. Londrina: Embrapa, 2013. 1 fôlder.

Microgeo. Manual técnico. 2019a. Disponível em:<https://microgeo.com.br/site/front/img/manual_tecnico.pdf>. Acesso em: 1 out. 2019.

Mumbach GL, Gatiboni, LC, Bona, FD, Schimitt, DE, Dall'Orsoletta DJ, Gabriel CA, Bonfada EB. Organic, mineral and organomineral fertilizer in the growth of wheat and chemical changes of the soil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 14, n. 1, 2019.

Odum E P. Trends expected in stressed ecosystems. BioScience, Londres, v. 35, p.419-422, 1985. Disponível em:< https://www.jstor.org/stable/1310021?seq=1>. Acesso em: 09 ago. 2020

Roscoe R, Mercante FM, Mesndes IC, Reis Junior FB, Santos JCF, Hungria, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Em-

brapa Agropecuária Oeste, 2006. p.163-198.

Sanchez EA, Alarcón AV, Castellanos Jz, Wong JC. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. Terra Latinoamericana, Chapingo – México, v. 24, n. 2, p. 261-268, abr--jun 2006.

Silva EE, Azevedo PHS, De-polli H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO²). Seropédica: Embrapa, 2007. Comunicado técnico, 99.

Silva NA, Fiorin JE, Wyzykowski T. Efeito da aplicação de Microgeo® na qualidade física do solo em áreas de produção de grãos sob plantio direto. In: Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, XIX, 2014, Cruz Alta. Anais.

Wadt PGS. Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. Disponível em:< https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>. Acesso em: 09 set. 2020.

**Tabela 1. Teores nutricionais obtidos por análise do solo experimental.**

| Ca ($cmol_c\ dm^{-3}$) | Mg ($cmol_c\ dm^{-3}$) | P ($mg\ dm^{-3}$) | K ($cmol_c\ dm^{-3}$) | pH ($CaCl_2$) | CTC ($cmolc\ dm^{-3}$) | MO ($g\ dm^3$) | SB (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3,43 | 1,08 | 3,77 | 0,17 | 4,8 | 10,03 | 25,37 | 46,65 |

FONTE: A autora (2019)

**Tabela 2. Resultados obtidos para respiração basal do solo (RBS) a partir de análises da coleta de solo da cultivar de trigo Toruk sob diferentes adubações com Microgeo®**

| Tratamentos | | RBS (mg de $C\text{-}CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$)[1] |
|---|---|---|
| **T1** | Controle | 0,2608 b |
| **T2** | Inoculação com *Azospirillum* | 0,3798 b |
| **T3** | Microgeo® | 0,5546 a |
| **T4** | Inoculação com *Azospirillum* + Microgeo® | 0,6953 a |

[1] Letras iguais na mesma coluna não se diferenciam pelo teste Tukey 5%.
FONTE: A autora (2019).

**Tabela 3. Resultados obtidos dos aspectos agronômicos massa de raiz fresca, massa de raiz seca, altura de plantas e peso de mil grãos da cultivar de trigo Toruk sob diferentes aduções com Microgeo®**

| Tratamentos | | MFR (g) | MSR (g) | AP[1] (cm) | PM1000 (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | Controle | $5,895^{ns}$ | $1,176^{ns}$ | $42,656^{b}$ | $20,965^{ns}$ |
| T2 | Inoculação com *Azospirillum* | $13,156^{ns}$ | $2,476^{ns}$ | $53,220^{a}$ | $21,904^{ns}$ |
| T3 | Microgeo® | $7,862^{ns}$ | $1,551^{ns}$ | $50,030^{a}$ | $11,681^{ns}$ |
| T4 | Inoculação com Azospirillum + Microgeo® | $8,993^{ns}$ | $1,404^{ns}$ | $47,516^{ab}$ | $16,700^{ns}$ |

MFR – massa fresca de raiz; MSR – massa seca de raiz; AP - altura da planta; PM1000 – peso de 100 grãos
[ns] não significativo pelo teste Tukey 5%.
[1] letras iguais na mesma coluna não se diferenciam pelo teste Tukey 5%.
FONTE: A autora (2020)

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência do Microgeo na Função Metabólica de um Solo sob Plantio Comercial

Sara Tiemi Nishida[1]; Bruna Gasparrini Tondelo[2]; Vivian Natalia Kaufert[2]; Nataniel Osmar Risse[2]; Giovani Augusto Genero[2]; Luciana Grange[3]

[1]Estudante, Universidade Federal do Paraná, Rua Pioneiro, 2153, Palotina – PR, 85950-000, saranishida@ufpr.br; [2]Estudante, Universidade Federal do Paraná; [3]Professora, Universidade Federal do Paraná.

## INTRODUÇÃO

Os chamados manejos conservacionistas primam pela recuperação e manutenção da condição natural e fértil dos solos cultivados e tem sido cada vez mais unânime o entendimento de que a fertilidade se deve aos serviços ecossistêmicos prestados pelos microrganismos eficientes presentes no agroecossistema (BALOTA, 2017).

Os adubos orgânicos do tipo biofertilizantes vêm sendo amplamente adotados e identificados como um composto enriquecido com um *"pool"* de microrganismos, incluindo bactérias, fungos e leveduras. Contudo, mais do apenas adicionar microrganismos, estes precisam sobreviver e se adaptar ao ambiente para serem responsivos ao serviço que vierem prestar na rizosfera agrícola.

Devido à sensibilidade que estes organismos apresentam diante das mínimas interferências no sistema, se faz necessário um constante monitoramento do comportamento funcional dos solos sob aplicação de bioinsumos para que não haja desequilíbrio biológico do solo, redução da biodiversidade natural e saturação de composto orgânicos na rizosfera (MORAES, 2010).

Pereira (2012) aponta os indicadores biológicos como a forma mais eficiente de monitoramento do comportamento funcional do solo devido à sua atuação em grande número, diversidade, funções diversas e grande sensibilidade à qualquer interferência no solo. Os bioindicadores mais utilizados são o carbono da biomassa microbiana (C-BMS), a respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico ($qCO_2$), enzimas, diversidade, densidade e atividade de grupos funcionais chave.

O presente trabalho avaliou a influência de diferentes doses do adubo biológico Microgeo® na função metabólica de um solo sob plantio de milho com *Brachiaria ruziziensis* em sistema integrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no município de Terra Roxa – PR, em solo classificado como latossolo vermelho eutroférrico, em área sob plantio comercial de sucessão soja-milho, com histórico de 3 anos de consórcio milho-braquiária e primeira aplicação do produto Microgeo.

A biofábrica para a produção do adubo foi montada preenchendo 15% do volume da caixa

d'água com esterco bovino, 5% de Microgeo® e o restante da alíquota com água desclorada.

### Tratamentos e amostragens

O experimento foi montado sob delineamento de blocos casualizados (DBC) com 5 repetições e os seguintes tratamentos: T1 – Controle; T2 – 75 L/ha; T3 – 150 L/ha e T4 – 300 L/ha do produto Microgeo, respectivamente. O híbrido foi semeado sob espaçamento de 50 cm e 2,8 sementes por metro linear, em consórcio com *Brachiaria ruziziensis* (3,3 kg/ha). A aplicação do produto foi realizada por pulverização autopropelida no estádio V4 da cultura, em uma única aplicação, utilizando bico duplo leque.

Uma coleta de solo foi realizada ao início do estádio fenológico R1 a fim de determinar a respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (C-BMS), quantificação do quociente metabólico ($qCO_2$) e unidade formadora de colônias (UFC), visto que a atividade metabólica da cultura é mais intensa nessa fase (JAKELAITIS, 2007).

O atributo RBS foi determinado com base na metodologia de Jenkinson e Powlson (1976) e para determinação do C-BMS, a metodologia utilizada foi baseada em Vance et al. e a metodologia adaptada de Jenkinson e Powlson (1976). O quociente metabólico, por sua vez, é calculado pela razão entre a respiração e o carbono da biomassa.

Por fim, a UFC foi quantificada pelo método da diluição seriada. As placas foram incubadas na B.O.D. a 27 °C por 72 horas para posterior contagem das UFC que, por sua vez, considerou todas as colônias obtidas a partir da diluição, partindo do pressuposto de que cada colônia é proveniente de uma célula viável presente no solo (HUNGRIA et al., 1994).

Com a retirada da cultura granífera e estabilização da fitomassa da braquiária, outra coleta de solo foi realizada para obtenção dos mesmos atributos biológicos citados anteriormente.

### Análise estatística

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk 5%), realizando a análise de variância (ANOVA). As médias foram submetidos a 5% de probabilidade pelo teste t de Dunnet.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da **Tabela 1** é observa-se que os valores da UFC para os tratamentos 2, 3 e 4 foram semelhantes e não diferiram estatisticamente, sendo que a testemunha apresentou maior quantidade de células bacterianas presentes no solo em detrimento aos demais. O mesmo comportamento foi observado para C-BMS, por ser um indicador da massa microbiana viva total do sistema (DE-POLLI, 1997).

Há incremento da RBS nas doses 75 (1,50 mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo $hora^{-1}$) e 150 L/ha (1,48 mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo $hora^{-1}$) mas se equaciona com a condição controle (0,24 mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo $hora^{-1}$) na dose de 300 L/ha (0,18 mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo hora-1). Estes valores podem ser justificados por um erro amostral ou, segundo Islam e Weil (2000), a incorporação de resíduos orgânicos pode causar a competição da biota natural com os microrganismos introduzidos por espaço e alimento que, neste momento inicial, se torna mais igualitária para os nativos, trazendo desgaste, morte celular e aumento da respiração do solo. Na dose de 300 L/ha, é possível que a competição tenha sido favorável aos microrganismos introduzidos que, previamente selecionados, estão mais adaptados ao usufruto do carbono do composto orgânico e chegam ao sistema em grande quantidade reforçando determinadas espécies chaves.

Santos et al. (2012), avaliando diferentes concentrações de um biofertilizante, verificaram

altas taxas de respiração microbiana ao utilizar concentrações intermediárias do bioproduto, sendo que com o posterior aumento da concentração notou-se que a respiração foi menos intensa. Silva (2013) obteve os mesmos resultados na cultura do feijoeiro.

Os altos valores de qCO2 para os tratamentos 2 e 3 (Tabela 1) indicam uma comunidade sob estresse, revelando maior consumo de energia para a realização de seu metabolismo.

Os trabalhos de Pinto (2019) e Frenk et al. (2017) também evidenciaram momentos de alteração da estrutura da comunidade bacteriana do solo em virtude da entrada de bioprodutos como água residuária, ocasionando alto estresse biológico e levando a comunidade ao máximo de suas atividades metabólicas, em decorrência de seu reajustamento (FRENK et al., 2017).

Tabela 1. Atributos biológicos de um solo sob aplicação do biofertilizante Microgeo coletado no estádio R1 da cultura do milho.

| Doses de Microgeo | UFC[1] | C-BMS[2] | RBS[3] | qCO2[4] |
|---|---|---|---|---|
| T1 – Controle | 23 x $10^4$* | 167,16* | 0,24 ns | 11,42 ns |
| T2 – 75 L/ha | 11 x $10^4$ ns | 125,06 ns | 1,50 ns | 11,99 ns |
| T3 – 150 L/ha | 8,6 x $10^4$ ns | 116,39 ns | 1,48 ns | 12,72* |
| T4 – 300 L/ha | 7,8 x $10^4$ ns | 130,79 ns | 0,18 ns | 11,36 ns |

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Dunnet; ns não significativo; [1]UFC: Unidade Formadora de Colônias (UFC $g^{-1}$ solo seco); [2]C-BMS: Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (mg C $kg^{-1}$ solo); [3]RBS: Respiração Basal do Solo (mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo $hora^{-1}$); [4]$qCO_2$: Quociente Metabólico do Solo (mg $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ C-BMS $h^{-1}$).

Ao comparar os atributos biológicos da primeira coleta com a segunda, observada na tabela 2, fica claro o papel do Microgeo como reestruturador biológico do solo. Os valores da densidade em UFC permanecem favorecendo a presença do biofertilizante no solo. No entanto, neste segundo momento, os valores de C-BMS revelam ganhos de carbono orgânico três vezes (valor médio de 730,37 mg C $kg^{-1}$ solo) mais do que o obtido pelo controle (284,23 mg C $kg^{-1}$ solo). Estudos precisam ser realizados na busca por compreender melhor a capacidade de cada sistema agroecológico de sustentar sua diversidade biológica (ZILLI et al., 2003). Provavelmente, neste sistema de produção, a dose de 300 L/ha alcançou o equilíbrio biológico mais próximo da condição natural do solo, nesta área em questão.

Os valores de RBS da segunda coleta (Tabela 2) apresentaram-se muito próximos. Contudo, o quociente metabólico do solo aumentou em três vezes para todas as doses. É possível que isso seja consequência do aumento do carbono microbiano, revelando a intensificação da funcionalidade que produto traz para o sistema. Trata-se de um aspecto positivo, mas que reforça a necessidade do acompanhamento para monitorar a respiração do solo, visto que se a RBS aumentar demasiadamente há necessidade de o carbono ser mais lentamente consumido.

Tabela 2. Atributos biológicos de um solo sob aplicação de Microgeo coletado após a retirada do milho e estabilização da fitomassa da braquiária.

| Doses de Microgeo | UFC[1] | C-BMS[2] | RBS[3] | qCO2[4] |
|---|---|---|---|---|
| T1 – Controle | 18 x $10^4$ ns | 284,23* | 0,44 ns | 1,61 * |
| T2 – 75 L/ha | 15 x $10^4$ * | 776,20 ns | 0,26 ns | 3,44 ns |
| T3 – 150 L/ha | 25 x $10^4$ ns | 712,89 ns | 0,34 ns | 3,02 ns |
| T4 – 300 L/ha | 28 x $10^4$ ns | 772,02 ns | 0,25 ns | 3,19 ns |

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Dunnet; ns não significativo; [1]UFC: Unidade Formadora de Colônias (UFC $g^{-1}$ solo seco); [2]C-BMS: Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (mg C $kg^{-1}$ solo); [3]RBS: Respiração Basal do Solo (mg $C\text{-}CO_2$ $kg^{-1}$ solo $hora^{-1}$); [4]$qCO_2$: Quociente Metabólico do Solo (mg $C\text{-}CO_2$ $g^{-1}$ C-BMS $h^{-1}$).

Da mesma forma, corroborando com os dados deste trabalho, nos trabalhos de Winckler (2017), Pinheiro (2018) e Leal (2019) o uso do Microgeo demonstrou-se eficiente no aporte biológico do solo.

## CONCLUSÕES

Os atributos biológicos C-BMS e UFC de todos os tratamentos (T2, T3 e T4) com Microgeo da primeira coleta de solo, apresentaram valores inferiores ao do controle (T1). Pode ser devido a saturação biológica e metabólica competitiva entre os microrganismos.

Para todos os tratamentos os valores obtidos pelo $qCO_2$ foram altos, revelando um solo agrícola naturalmente bem colonizado.

O alto valor do $qCO_2$ do T1 demonstrou a contribuição da forrageira e das boas práticas de cultivo.

Na segunda coleta de solo, houve uma inversão dos valores de UFC para os tratamentos T3 e T4 em relação ao controle (T1) apontando a necessidade de tempo para estabilidade do produto.

Houve um incremento de C orgânico 3 vezes maior para todos os tratamentos com microgeo (T2, T3, T4) que o encontrado no controle.

Todas as doses de Microgeo® contribuíram para ganhos de carbono orgânico no sistema.

A dose 300 L/ha apresentou o maior nível de estabilidade da comunidade microbiana para o sistema milho braquiária durante o período avaliado.

**AGRADECIMENTOS**: agradeço à equipe FIXTEC pelo auxílio e trabalho árduo, ao produtor rural Eduardo Nishida por ceder a área experimental e à Profa Dra Luciana Grange pela orientação e carinho.

## REFERÊNCIAS

BALOTA, E. L. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Mecenas, 2017. 288 p.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: Método da fumigação-extração. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1997.

FRENK, S.; HADAR, Y.; MINZ, D. Quality of irrigation water affects soil functionality and bacterial community stability in response to heat disturbance. Environmental Microbiology, [*s. l.*], ano 2014, v. 84, n. 14, p. 1-14, 2017.

JAKELAITIS, A. *et al.* Atividade microbiana e produção de milho (Zea mays) e de Brachiaria brizantha sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. Planta daninha, Viçosa, ano 2007, v. 25, n. 1, p. 71-78, Jan./Mar. 2007.

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola, Brasília: EMBRAPA-CNPAF, 542p., 1994.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. Journal of Soil and Water Conservation, v. 55, p. 69-78, 2000.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—I. Fumigation with chloroform. Soil Biology and Biochemistry, v. 8, n. 3, p. 167-177, 1976.

LEAL, Y. H. Respiração edáfica, atributos agronômicos e fisiológicos de plantas de pimentão sob adubação biológica. Orientador: Thiago Jardelino Dias. 2019. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - UFP, Areia, 2019.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. Oecologia Australis, [*s. l.*], ano 2012, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. ed. atual. e aum. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p. v. 1. ISBN 85-87692-33-x.

PINTO, L. P. Bioindicadores de solo cultivado com pinhão-manso submetido a aplicações de água residuária de suínos (ARS). Orientador: Elisandro Pires Frigo. 2019. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - UNIOSTE, Cascavel, 2019.

PEREIRA, J. M. Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo. Orientador: Elke J. B. N. Cardoso. 2012. 138 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, 2012.

PINHEIRO, R. C.; REZENDE, C. F. A.; PEREIRA, J. L. Efeito da adubação com biofertilizante nos parâmetros do solo na cultura do milho em sistema de plantio direto. Congresso Internacional de Pesquisa, Ensino e Extensão, Anápolis, p. 2840-2843, 2018.

SANTOS, L. C. *et al.* Ação do biofertilizante Agrobio sobre a atividade microbiana em solo cultivado com feijão-comum. Cadernos de Agroecologia, Glória de Dourados, ano 2012, v. 7, n. 2, p. 1-5, Dez. 2012.

SILVA, R. F. *et al.* Atividade microbiana do solo e produtividade do feijoeiro em função de diferentes concentrações de biofertilizante. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis, 2013.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil biology and Biochemistry, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

WINCKLER, T. A. L. Avaliação da eficiência do Microgeo® na reestruturação de solo sob diferentes sistemas de cultivo. Orientador: Luciana Grange. 2017. 29 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - UFPR, Palotina, 2017.

ZILLI, J. E. *et al.* Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, ano 2003, v. 20, n. 3, p. 391-411, Set./Dez. 2003.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# O Uso de Dejeto Líquido de Suínos em Diferentes Doses Sobre a Composição da Fauna Edáfica na Cultura do Milho (*Zea mays* L.)

Edpool Rocha Silva[1]; Igor Chiochetta[2]; Elston Kraft[3]; Evandro Spagnollo[4]; Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta[5]; Dilmar Baretta[6]

[1]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ – Servidão Anjo da Guarda, 295 – D, Efapi, Chapecó – SC, 89809 – 900. E-mail: edpoolrs@uonchapeco.edu.br; [2]Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ; [3]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Centro de Ciências Agroveterinárias CAV-UDESC; [4]Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CHAPECÓ. [5]Professora do curso de Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ; [6]Professor do Departamento de Zootecnia, Centro de Educação Superior do Oeste – UDESC OESTE.

## INTRODUÇÃO

O uso de dejeto líquido de suínos (DLS) como fertilizante orgânico tem sido cada vez mais comum no cotidiano das propriedades rurais que possuem a atividade da suinocultura. A maior parte dos produtores vinculam a possibilidade de fertilização com dejetos de suínos, considerando o solo como um possível local de descarte deste material. Este ato vem preocupando cada vez mais, pois se depositado em quantidades superiores as recomendadas, pode vir a causar sérios danos ao meio ambiente e ao solo (MORAES et al., 2014).

Atualmente, a principal alternativa para disposição destes resíduos é a aplicação no solo como fertilizante orgânico em áreas com culturas de grãos e/ou pastagens (BASSO et al., 2012). No entanto, esta ação geralmente é desempenhada de maneira inadequada, não promovendo o devido tratamento para o DLS (MOTTERAN et al., 2013).

A utilização do DLS como fonte de nutrientes visando a adubação de culturas é uma prática antiga, de grande importância para a ciclagem dos nutrientes, promovendo melhorias na fertilidade do solo e produtividade das culturas, bem como o aumento de matéria orgânica (TRANI et al., 2013), promovendo melhorias nas características químicas e físicas (SCHERER, 2014), bem como melhorias na biologia do solo (ALVES, et al., 2018).

Dentre as diferentes formas de monitorar a qualidade do solo adubado com DLS destaca-se o uso de indicadores biológicos, especialmente a avaliação da fauna edáfica (BARETTA et al., 2011; PEREIRA et al., 2013). O uso do DLS como adubo orgânico em culturas pode influenciar a biologia do solo, basicamente pelo fornecimento de alimentos e energia para a fauna edáfica (BARETTA et al., 2011). Tais organismos possuem alta capacidade de resposta mediante a mudanças abruptas na qualidade do solo, características estas que não são observadas através dos indicadores físicos e químicos (GEREMIA et al., 2015), demonstrando indícios de melhoria ou degradação da qualidade do solo (PEREIRA

et al., 2013). Um dos caminhos para a avaliação da qualidade do manejo do solo é através da avaliação dos atributos ecológicos, ou seja, mensuração "da vida no solo" dos organismos que o habitam durante parte ou todo o ciclo de vida, mensurando assim sua presença, ausência e abundância (OLIVEIRA et al., 2016).

Assim o objetivo do presente trabalho foi avaliar a abundância e diversidade da fauna edáfica em sistema de plantio direto adubado com doses crescentes de DLS em comparação com a adubação mineral (ureia) na cultura do milho (*Zea mays L.)*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/CEPAF/CHAPECÓ), localizada no município de Chapecó/SC, com coordenadas geográficas de 27º 07' S e 57º 37' W e 679 m de altitude, conduzido em Sistema Plantio Direto (SPD) consolidado. A área experimental foi instalada no ano de 1996 e o experimento foi conduzido desde a sua implantação até o ano de 1999 com o cultivo de milho (*Zea mays* L.) no verão, e aveia preta no inverno (*Avena strigosa*).

Os tratamentos obedeceram às mesmas doses e parcelas utilizadas por Fontoura (2017), que são: 0, 60, 120, 180 e 240 kg de N ha-1, no ano agrícola de 2017/2018, proveniente de duas fontes: dejeto liquido de suíno (DLS) e adubação mineral - ureia (NM). A dose de DLS equivalente a quantidade de N aplicada foi distribuída em duas aplicações tanto para a ureia como para o DLS, sendo metade na base e metade na cobertura, para a cultura de inverno e verão, em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial (fontes de dejetos e épocas de avaliação), com três repetições formadas de 3 subamostragem (3 x 3 = 9n). As unidades experimentais apresentam área total de 5 x 6 m e uma área útil de 20 m², considerando 1 m de bordadura. As amostragens foram realizadas no ano agrícola de 2017/2018 para a cultura do milho (*Zea mays* L).

Para a fauna edáfica fez-se o uso do método de armadilhas de solo (*Pitfall traps*), que consistiu na instalação de recipientes cilíndricos com abertura de 8 cm de diâmetro, com capacidade volumétrica de 500 ml, contendo 200 ml de solução detergente a 0,5% (v/v) e enterrados com a sua extremidade vazada ao nível da superfície do solo (BARETTA et al., 2014).

Posteriormente, com auxílio de microscópio estereoscópio os organismos da fauna edáfica foram identificados ao nível taxonômico de Classe/Subclasse/Ordem (RUGGIERO et al., 2015) e quantificados.

### Análise estatística

Através dos dados de fauna edáfica calculou-se os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J), Dominância (D) e Riqueza (S), utilizando o programa estatístico Past 3.0 (HAMMER; HARPER, RYAN, 2001), a fim de verificar como as duas fontes de N em diferentes doses poderiam afetar a distribuição dos grupos da fauna. Os valores médios de abundância, H', J, D e S foram calculados através do agrupamento dos dados de cada parcela (n=3), compondo uma média de cada tratamento (dose) para o DLS e NM, sendo considerados como réplicas verdadeiras do sistema (n=3), e estes usados para os testes estatísticos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as duas fontes de nitrogênio [(DLS) e ureia (NM)] não foram encontradas diferenças estatísticas quanto à diversidade de grupos da fauna edáfica, para as amostragens realizadas no verão (milho) (P> 0,05, F= 2,14). Utilizando

o método de armadilhas foram encontrados no total 6.220 organismos edáficos na cultura do milho, divididos em 14 grupos taxonômicos (Tabela 1).

Porém, os valores obtidos para riqueza média e abundância de indivíduos, não apresentaram diferença estatísticas (P>0,05).

Consequentemente, os índices de diversidade como H', D e J não apresentaram diferença estatística, independente da fonte de nitrogênio utilizada.

A Riqueza média foi maior para o tratamento DLS180, distinguindo das demais doses e independente da fonte de N utilizada na cultura do milho. De acordo com Baretta (2011), a riqueza é denominada como o número de espécies diferentes dentro de uma mesma comunidade e, segundo Alves et al. (2008), varia com fatores como o manejo do solo, quantidade de material orgânico inserido ao sistema, sazonalidade, entre outros (ALVES et al., 2008).

A riqueza total não apresentou diferença estatística, mas o maior número de espécies diferentes encontradas na primeira época ocorreu na dose DLS120 e no tratamento testemunha, com grande frequência de indivíduos dos grupos Collembola e Formicidae, ambos com papeis importantes na decomposição do material orgânico, seja ele de resíduos vegetais ou dejetos de animais (Tabela 1). O grupo Collembola foi o mais frequente em todas as doses avaliadas, com grande variação entre o número de indivíduos encontrados entre os tratamentos que avaliam as diferentes fontes de N.

Isso ocorre devido ao fato de serem considerados altamente sensíveis a mudanças do habitat, seja por condições climáticas, mudança na química do solo bem como na quantidade e qualidade do material orgânico inserido no micro habitat onde vivem (SOUSA et al., 2004; CHANG et al., 2013; ALVES et al., 2014).

## CONCLUSÕES

O tipo de fonte de nitrogênio (orgânica e mineral), e o cultivo de verão (milho) influenciaram na diversidade de atributos biológicos do solo.

Os grupos mais frequentes da fauna edáfica independente do tratamento foram Collembola com mais de 50% da frequência total, seguido por Formicidae (Hymenoptera) e Coleoptera respectivamente.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem a UDESC pela bolsa PROMOP do primeiro autor e a Unochapecó pela bolsa de Iniciação científica do Artigo 170/CE UNIEDU do segundo autor.

## REFERÊNCIAS

Alves MV, Santos JCP, Gois DT, Albertoni JV, Baretta D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos suínos na região oeste do estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 589-598, 2008.

Alves MV, Santos JCP, Segat JC, Sousa DGD, Baretta D. Influência de fertilizantes químicos e dejeto líquido de suínos na fauna do solo. Agrarian, v. 11, p. 219- 229, 2018.

Alves PRL, Cardoso EJBN, Martines AM, Souza JP. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 105, p. 65-71, 2014.

Baretta, D, Bartz ML, Fachini IA, Anselmi R, Zortéa T, Maluche-Baretta CRD. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. Revista Ciência Agronômica (UFC. Online), v. 45, p. 871-879, 2014.

Baretta D, Santos JCP, Segat JC, Geremia EV, Oliveira Filho LCI, Alves MV. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Klauberg-Flho O, Mafra, AL (Org.). Tópicos Especiais em Ciência do Solo.

Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, v.7, p. 141-192, 2011.

Basso, CJ, Ceretta CA, Flores EMM, Girotto E. Teores totais de materiais pesados no solo após aplicação de dejeto líquido de suínos. Ciência Rural. 42:653-9; 2012.

Chang L, Wu H, Wu D, Sun X. Effect of tillage and farming management on Collembola in marsh soils. Applied Soil Ecology, v. 64, p. 112-117, 2013.

Geremia EV, Segat JC, Fachinni IA, Fonseca EO, Baretta D. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. Scientia Agraria (Online), v. 16, p. 17, 2016.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan D. PAST: Paleontological Statistics Software Package. 2001 for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1):p. 9.

Moraes MT, Arnuti F, Silva VR, Silva RF, Basso CJ, Da Ros CO. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. Revista Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.35, n.6, p.2945-2954, nov./dez. 2014.

Motteran F, Pereira EL, Campos CMM. The behaviour of an anaerobic baffled reactor (ABR) as the first stage in the biological treatment of hog farming effluents. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 30, n. 2, p. 299-310, 2013.

Oliveira Filho LCI, Baretta D. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? Revista Scientia Agraria, v. 17, n. 2, p. 21-40, 2016.

Pereira JDEM, Barett D, Bini D, Vasconcellos RL, Cardoso EJBN. Relationships between microbial activity and soil physical and chemical properties in native and reforested *Araucaria angustifolia* forests in the state of São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, p. 572-586, 2013.

Ruggiero MA, Gordon DP, Orrell TM, Baily N, Bourgoin T, Brusca RC, Cavalier-Smith T, Kirk PM. A higher level classification of all living organisms. Plos One, v. 10, p. 1-60, 2015.

Scherer EE, Spagnollo E. Propriedades químicas do solo e produtividade do milho e feijão no sistema orgânico com o uso de diferentes fontes de adubo. Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 80-85,2014.

Sousa JP, Da Gama MM, Keating A, Calhôa F, Lemos M, Castro C, Luz T, Leitão P, Dias S. Effects of land-use on Collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape. Pedobiologia, v. 48, p. 609-622, 2004.

Trani PE, Terra MM, Tecchio MA. Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas. [Citado em 27 de abril de 2019] Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf>.

Tabela 1- Riqueza média, abundância média (Indivíduos por armadilha – Ind. arm$^{-1}$), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), índices de Dominância (D) e equitabilidade de Pielou (J) dos grupos da fauna edáfica amostrados por armadilhas de solo para a cultura do milho (*Zea mays* L.), submetidos a doses crescentes (Kg N ha$^{-1}$) de Dejeto Líquido Suíno (DLS) e Adubação Mineral (NM). A dose zero representa a testemunha.

| Grupo Taxonômico | ZERO | DLS 60 | DLS 120 | DLS 180 | DLS 240 | NM 60 | NM 120 | NM 180 | NM 240 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acarina | 0 | 2 | 2 | 6 | 1 | 4 | 0 | 1 | 4 |
| Araneae | 4 | 5 | 1 | 8 | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 |
| Collembola | 368 | 328 | 299 | 382 | 216 | 407 | 243 | 328 | 384 |
| Coleoptera | 5 | 10 | 3 | 5 | 48 | 7 | 9 | 2 | 3 |
| Chilopoda | 7 | 6 | 4 | 6 | 7 | 5 | 4 | 6 | 4 |
| Formicidae | 230 | 223 | 228 | 260 | 184 | 305 | 241 | 251 | 343 |
| Isoptera | 1 | 10 | 6 | 1 | 12 | 6 | 0 | 2 | 7 |
| Diptera | 5 | 0 | 4 | 4 | 7 | 7 | 5 | 9 | 3 |
| Diplopoda | 1 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Dermaptera | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Isopoda | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| Gastropoda | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Outros[1] | 3 | 9 | 10 | 14 | 0 | 12 | 0 | 4 | 10 |
| Protura | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Riqueza Média | 4,78 | 4,56 | 4,89 | 5,22 | 4,22 | 4,67 | 4,11 | 4,22 | 4,89 |
| Riqueza Total | 15 | 11 | 15 | 13 | 11 | 11 | 10 | 13 | 14 |
| Abundância média (Ind. Arm$^{-1}$) $^{ns}$ | 80 | 76 | 77 | 85 | 61 | 89 | 59 | 78 | 85 |
| Shannon (H') $^{ns}$ | 0,89 | 0,95 | 0,96 | 0,94 | 0,89 | 0,84 | 0,79 | 0,86 | 0,94 |
| Dominância (D) $^{ns}$ | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,47 | 0,51 | 0,54 | 0,47 | 0,45 |
| Equabilidade (J) $^{ns}$ | 0,60 | 0,65 | 0,62 | 0,63 | 0,67 | 0,55 | 0,57 | 0,63 | 0,61 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). [1]Outros – Organismos não identificados. $^{ns}$ – Dados não significativo

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Plantas de cobertura e fontes de N afetam os teores de glomalina em um solo arenoso cultivado com algodão

Gustavo Ricardo Aguiar Silva[1]; Carlos Felipe dos Santos Cordeiro[2]; Caroline Honorato Rocha[2]; Daniel Rodela Rodrigues[2]; Jaqueline Angelotti Hafeemann[1]; Ana Flávia de Souza Rorato[1]; Fábio Fernando Araújo[3]; Fábio Rafael Echer[3]

[1]Graduando em Agronomia; Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE; Rodovia Raposo Tavares km 572, Presidente Prudente – SP, 19067-175; aguiarg.agro@hotmail.com; [2]Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia; Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE; [3]Docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UNOESTE.

## INTRODUÇÃO

O Oeste de São Paulo é uma região que apresenta limitação ao cultivo de culturas anuais não irrigadas devido a textura arenosa de seus solos e sua baixa fertilidade (MOREIRA, 2016). Esse tipo de solo apresenta também baixos teores de argila, e isso reduz o processo de formação dos agregados e limita a interação entre a fração orgânica e mineral do solo, deixando a matéria orgânica mais exposta a degradação (ALVES et al., 2008).

A agregação do solo está ligada diretamente às suas características químicas, físicas e biológicas (NUNES, 2018). Os agregados são componentes da estrutura do solo e importantes na manutenção da porosidade e aeração, para infiltração de água, crescimento vegetal e microbiano (BASTOS et al., 2005). O aumento da atividade microbiana é de grande importância para à agregação do solo, devido alguns microrganismos (Micorrízicos arbusculares – FMA) fazerem parte do processo de agregação, e sua importância se dá não apenas pelo efeito mecânico das hifas, mas também pela produção da glicoproteína hidrofóbica Glomalina (NOBRE et al., 2015).

A glomalina tem ação cimentante no solo, agregando partículas minerais e orgânicas ali presentes (PENG et al., 2013; BARTO et al., 2010). Koide & Peoples (2013) citam que a glomalina facilmente extraível é a recentemente produzida pelos fungos, já a extraída com dificuldade é o acúmulo da primeira ao longo do tempo.

Dentre os benefícios que o sistema de semeadura direta traz para o solo, ele também proporciona maior abundância de esporos FMAs comparadas ao sistema de pousio (SILVA et al., 2015). Plantas com maior desenvolvimento radicular e de rápido crescimento, como as gramíneas, podem proporcionar maior contato entre as raízes e os propágulos de FMAs, fornecendo mais fotossintatos aos fungos (DANIELS-HETRICK; BLOOM, 1986). Angelini et al. (2012) mostraram que há uma maior diversidade de espécies de FMAs em sistemas de semeadura direta no milheto e na *Urochloa brizantha* comparadas ao sistema de plantio convencional, tanto para a soja, como para o milho.

Quando o solo apresenta condições de alta disponibilidade inicial de N e é realizado a adição deste elemento, os sinais emitidos pelas plantas hospedeiras são afetados negativamente, dimi-

nuindo os sítios de infecção, consequentemente, a associação micorrízica é prejudicada afetando a produção da glomalina (Moura, 2015; Treseder, 2004). Mas, quando os teores de N inicial do solo são baixos, a adição de N pode aumentar o crescimento dos FMAs, portanto, aumenta os teores de glomalina no solo (Treseder & Allen, 2002). Normalmente, teores de N baixos são encontrados em ambientes de produção de solo arenoso e com baixa matéria orgânica (Su et al., 2006; Mekuria et al., 2012).

Objetivo do estudo foi avaliar o efeito dos sistemas de rotação de culturas (plantas de cobertura) sobre os teores de glomalina facilmente extraível em um solo arenoso, cultivado com algodão no verão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em duas safras, 2018/2019 e 2019/2020 em Presidente Bernardes – SP em um Latossolo argilúvico de textura arenosa (EMBRAPA, 2018). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os sistemas de rotação de culturas: Pousio (P); Gramínea Solteira (G+S); Gramínea + Gramínea (G+G); Gramínea + Leguminosa (G+L); MIX. Nas sub-parcelas foram alocadas as fontes de nitrogênio: Ureia convencional (UC) (45% N) e a Ureia de liberação controlada (ULC) (40% N e 8% S), revestida com enxofre elementar. As parcelas tiveram dimensões de 15x9 m e as sub-parcelas 4,5x9.

### Manejo das plantas de cobertura

As espécies utilizadas na rotação em 2018 foram: Pousio: Sem cobertura; Gramínea Solteira: *Urochloa ruziziensis*; Gramínea + Gramínea: Sorgo + *Urochloa ruziziensis*; Gramínea + Leguminosa: Sorgo + Java; MIX: Sorgo + Java + *Urochloa ruziziensis* e Milheto + Mucuna + *Urochloa ruziziensis*; e em 2019 foram: Pousio: Sem cobertura; Gramínea Solteira: *Urochloa ruziziensis*; Gramínea + Gramínea: *Urochloa ruziziensis* + Milheto; Gramínea + Leguminosa: Milheto + Mucuna preta; MIX: Milheto + Mucuna + *Urochloa ruziziensis*. As plantas foram semeadas e dessecadas em maio e outubro, respectivamente.

### Manejo do algodoeiro

O algodoeiro foi semeado em novembro de 2018 e 2019, em Sistema de Semeadura Direta (SSD). Aos 25 e 45 DAE foi aplicado a fontes de N, manualmente

### Avaliação da glomalina facilmente extraível

No pleno florescimento do algodoeiro (75 DAE) coletou-se solo com três sub-amostras dentro das sub-parcelas na camada de 0-10 cm. A análise da glicoproteína glomalina foi realizada com base no método descrito por Wrigth (1996).

### Análise estatística

A análise estatística foi realizada pela análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do primeiro ano (Figura 1a) mostram que as fontes de N tiveram diferença significativa somente nos sistemas com G+S e G+L, 32% e 31% maior na ULC, respectivamente. Os maiores valores de glomalina foram encontrados nos sistemas somente com gramínea G+S (UC) e G+G (duas fontes), sendo pousio e G+L com ureia os menores valores.

No segundo ano o comportamento foi semelhante, mas com menor diferença entre os sistemas e efeito das fontes de N (Figura 1b). O tratamento com gramínea solteira teve os maiores teores de glomalina (duas fontes) e G+G apenas com ULC.

Entre as fontes de N, a glomalina teve variação no pousio, sendo 24% maior com a aplicação de ureia. Entre os sistemas de produção com aplicação da ureia, a quantidade de glomalina foi menor no G+L, e na ULC foi menor no pousio (Figura 1b).

Os sistemas de produção com cultivo contínuo aumentam a disponibilidade de glomalina facilmente extraível no solo comparado ao sistema com período de pousio. Resultados semelhantes foram encontrados por Wrigth e Anderson (2000), com maiores teores de glomalina em sistemas com plantas de cobertura. O que justifica esses resultados é a maior presença de plantas hospedeiras, resultando em maior disponibilidade de fotossintatos, consequentemente, maior produção de glomalina pelos FMAs (TRESEDER; TURNER, 2007). Além de maior volume radicular aumentar a exsudação de compostos orgânicos, sendo isso mais evidente em sistemas com gramíneas e relação a sistemas sem plantas de cobertura ou com menor aporte de biomassa (Figura1).

## CONCLUSÕES

Sistemas com gramíneas com alta capacidade de produção de biomassa aumentam os teores de glomalina no solo, já o efeito das fontes N foi menor, oscilando entre os anos, sendo necessários novos estudos para investigar esse efeito.

**AGRADECIMENTOS:** Á Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado ao segundo autor. À Associação de Paulista dos Produtores de Algodão (APPA) pelo apoio financeiro a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Agregação, glomalina e carbono orgânico na chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *Revista Caatinga*, *28*(1), 138-147.

Alves, B. J. R.; Urquiaga, S., Jantalia, C. P.; Boddey, R. M. (2008). Dinâmica de carbono em solos sob pastagens. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*, *2*.

Barto, E. K.; Alt, F.; Oelmann, Y.; Wilcke, W.; Rillig, M. C. (2010). Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, *42*(12), 2316-2324.

Daniels-Hetrick, B. A.; Bloom, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia, New York, v. 78, n. 1, p. 32-36, 1986.

Koide, R. T.; Peoples, M. S. (2013). Behavior of Bradford-reactive substances is consistent with predictions for glomalin. *Applied Soil Ecology*, *63*, 8-14.

Mekuria, A.; Vlek, P. L. G.; Denich, M. Application of the caesium-137 technique to soil degradation studies in the southwestern highlands of Ethiopia. *Land Degrad. Dev.* **23**, 456–464, (2012).

Moreira, A. C. M. (2016). Fracionamento de N no solo e na cultura da soja manejada em sistema de semeadura direta com rotação de culturas.

Moura, J. B. D. (2015). Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no Cerrado.

Nobre, C. P.; Lázaro, M. L.; Santo, M. M. E.; Pereira, M. G.; Berbara, R. L. L. (2015).

Nunes, H. B. (2018). Estabilidade de agregados em solos do cerrado.

Peng, S.; Guo, T.; Liu, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggrega-

tions of purple soil in sothwest China. Soil Biology Biochemistry, v. 57, n. 2, p. 411–417, 2013.

Su, Y.; Li, Y.; Zhao, H. Soil properties and their spatial pattern in a degraded sandy grassland under post-grazing restoration, Inner Mongolia, northern China. *Biogeochemistry.* **79**, 297–314, (2006).

Treseder, K. K. 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO2 in field studies. *New Phytologist* 164(2):347-355

Treseder, K. K.; Turner, K. M. (2007). Glomalin in ecosystems. *Soil Science Society of America Journal, 71*(4), 1257-1266.

Treseder, K. K.; Allen M. F. 2002. Direct nitrogen and phosphorus limitation of arbuscular mycorrhizal fungi: a model and field test. *New Phytologist* **155**(3):507-515

Wright, S. F.; Upadhyaya, A. (1996). Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil science, 161*(9), 575-586.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Plantas de cobertura micorrízicas e não micorrízicas e a influência na liberação enzimática e solubilidade de fósforo no solo

Andria Paula Lima[1]; Karina Goulart dos Anjos[2]; Bárbara Santos Ventura[3]; Paulo Emílio Lovato[4]; Cledimar Rogério Lourenzi[5]

[1]Estudante de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Endereço (Rua, número, Cidade-Estado, CEP), andriapaulalima2@hotmail.com; [2]Engenheira Agrônoma, autônoma; [3]Estudante de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, UFSC; [4]Professor titular, UFSC; [5]Professor adjunto, UFSC;

## INTRODUÇÃO

A utilização de plantas de cobertura, cultivadas ou espontâneas, e a diversificação de suas famílias botânicas (leguminosas, gramíneas, crucíferas) nos sistemas de manejo promovem benefícios como proteção da erosão (Cardoso et al., 2012), aumento nos teores de matéria orgânica do solo e na ciclagem de nutrientes (Brunetto et al., 2016; Silva et al., 2017), como o fósforo (P).

O P, essencial para os organismos, desempenha papel estrutural e funcional no metabolismo por ser constituinte de ácidos nucléicos, fosfolipídios e moléculas de ATP. Esse nutriente se encontra no solo em formas orgânicas e inorgânicas, variando a natureza química do ligante e a energia de ligação entre o solo e esse elemento (Gatiboni et al., 2007). O fluxo do P no sistema solo-planta está altamente relacionado com a transformação e mobilização das formas desse nutriente, podendo ser por vias químicas ou biológicas e é influenciado pelas condições da biota do solo (Costa & Lovato, 2004).

A biomassa microbiana do solo é importante fonte de nutrientes, e sua variação é constante pelo seu dinamismo, tamanho e atividade que afetam a disponibilidade e os ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, inclusive o de P (Rheinheimer et al., 2000). As micorrizas são associações simbióticas entre fungos e plantas, no qual a planta fornece ao fungo energia oriunda dos produtos fotossintéticos, enquanto o fungo auxilia na absorção de água e nutrientes, gerando aumento da produtividade vegetal (Berbara et al., 2006). A absorção dos nutrientes ocorre, principalmente, por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e de forma mais notável para o P, nutriente pouco móvel no solo. Os FMA aumentam a absorção pelo maior volume de solo explorado pelo micélio fúngico, principalmente em zonas com pouco teor de P ao redor das raízes (Epstein & Bloom, 2006; Moreira & Siqueira, 2006).

A atividade micorrízica na planta é inversamente proporcional à disponibilidade de P e isso pode afetar o teor de P no tecido da planta (Minhoni & Auler, 2003). As fosfatases indicam a atividade de microrganismos no solo e das plantas pela mineralização do P (Rheinheimer et al., 2000). A capacidade de realizar a associação varia de acordo com a espécie vegetal e são dife-

renciadas como culturas com caráter micorrízico e não-micorrízico. As culturas do centeio (*Secale cereale*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) são, respectivamente, micorrízica e não micorrízica, e há poucos estudos sobre a influência desse comportamento nos sistemas de manejo conservacionistas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do caráter micorrízico e não micorrízico de plantas de cobertura sobre a atividade enzimática e a disponibilidade de P em solo com e sem a presença de adubação fosfatada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecidos Vegetais, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (27°34'54,8"S 48°30'15,2"O,) em um Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico, coletado na camada 0-20 cm. O solo foi peneirado (4 mm), homogeneizado e corrigido com $MgCO_3$ e $CaCO_3$, seguindo a recomendação de calagem para as culturas de nabo-forrageiro e centeio (CQFSRS/SC, 2016). Após a incubação, com umidade correspondendo a 60% da capacidade de campo, o solo foi colocado em vasos de 4 $dm^3$. A semeadura seguiu a recomendação de Monegat (1991), de 20 kg $ha^{-1}$ para o nabo forrageiro (0,063g de semente/vaso) e 120 kg $ha^{-1}$ para o centeio (0,378g de semente/vaso). Foram implantados dez vasos para cada cultura, mantidos em casa de vegetação por 80 dias. A adubação foi feita segundo CQFSRS/SC (2016) na forma de solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950). Os tratamentos foram: nabo forrageiro com adição de P (NFP); centeio com adição de P (CP); nabo forrageiro sem adição de P (NF0P); centeio sem adição de P (C0P). Os tratamentos NF0P e C0P receberam solução nutritiva sem P.

Foram feitas coletas, aos 7, 15, 22, 35, 50, 64, 80 dias após a semeadura (DAS) para análise da atividade da fosfatase ácida e quantificação do fósforo extraído por resina trocadora de ânions (RTA). Aos 80 DAS foram realizadas as coletas de raízes para análise de colonização micorrízica. A atividade de fosfatase ácida foi estimada por adaptações de Tabatabai (1994), o P disponível por resina trocadora de ânions em lâminas (P-RTA) (Hedley et al., 1982), com modificações de Condron et al. (1985). Para determinação da colonização radicular as raízes foram clareadas em KOH e coradas com azul de tripano (Koske & Gemma, 1989) e a porcentagem de colonização foi medida pelo método de McGonigle et al. (1990).

As análises estatísticas foram feitas utilizando o software R Studio, conferindo os pressupostos da análise de variância (normalidade e homogeneidade), e a comparação de médias foi feita pelo teste Scott Knot a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade enzimática na fase de plântula (7 DAS) foi maior no tratamento NF0P (Tabela 1), que apresentou o menor teor de P disponível no solo (Tabela 2). A presença das fosfatases ácidas decorre da atividade metabólica do sistema radicular das plantas e fungos (Dakora & Phillips, 2002). Apesar do NF ter caráter não-micorrízico, o baixo teor de P inorgânico nas raízes faz com que haja a indução do aumento da síntese de enzimas intra e extracelulares pelo metabolismo vegetal, que são exsudadas no solo. Logo, esse resultado indica uma estratégia da planta para mobilizar o nutriente no solo para posteriormente ser assimilado. O comportamento observado no tratamento com NF corrobora os resultados de Kunze et al. (2011) em que a atividade da fosfatase ácida foi maior em solos cultivados com essa cultura, sugerindo que esse aumento na mineralização do P orgânico adsorvido nos

sítios de ligação da matéria orgânica do solo seja uma estratégia de mobilização de P e um possível mecanismo para mitigar o caráter não-micorrízico dessa espécie vegetal.

Os tratamentos que receberam P apresentaram, a partir do 50 DAS, o mesmo comportamento: os valores de fosfatase foram superiores quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 1). Isso difere dos resultados do estudo de Gatiboni et al. (2008) que mostrou aumento da atividade de fosfatases ácidas com a diminuição de P disponível no solo, e também correlação negativa entre o P inorgânico no solo e a atividade enzimática, o que corrobora apenas os valores do 7 DAS, que apresentam relação inversa entre atividade de fosfatase e o teor de P.

Os maiores valores da atividade das fosfatases, com exceção do tratamento de NF0P, ocorreram aos 80 DAS (Tabela 1). O centeio e o nabo forrageiro iniciam seu período reprodutivo cerca de 80 dias após o plantio, e há aumento na demanda de nutrientes pelas plantas, o que explicaria o aumento significativo da atividade enzimática nessa fase fenológica.

Os maiores teores de P-RTA ocorreram no CP em todas as coletas, com exceção de 7 e 80 DAS (Tabela 2). A colonização, mesmo baixa, pode ter promovido a mineralização do P neste tratamento. No tratamento CP0, os teores de P-RTA foram maiores que o teor inicial do solo, demonstrando também eficiência da atividade enzimática. Nos tratamentos NFP e NF0P, em que não há colonização micorrízica, a planta pode utilizar a estratégia de liberação enzimática. Em NF0P a planta fica limitada, pois mesmo com atividade enzimática é possível observar que os teores de P extraídos por resina são menores que os teores iniciais.

O nabo forrageiro não teve colonização micorrízica, como esperado, e o centeio apresentou colonização de 6% e 4% sem e com P, respectivamente, valores baixos em comparação com outros trabalhos. A colonização não teve efeito nas estratégias que as diferentes plantas utilizaram para mineralização e absorção de fósforo.

## CONCLUSÕES

A influência do caráter não micorrízico do nabo forrageiro é possível ser visualizada na maior atividade enzimática no estágio de plântula (7 DAS) sem a adubação fosfatada. Os demais tratamentos apresentaram a sua maior atividade das fosfatases no início da fase reprodutiva (80 DAS).

Esse comportamento reflete as diferentes estratégias e influências dessas plantas de cobertura no acesso ao fósforo disponível no solo.

## REFERÊNCIAS

BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. v. VIII, p. 53-88. In: FERNANDES, M S. (ed) Nutrição Mineral de Plantas. SBCS. 1 ed. Viçosa, 432p. 2006.

BRUNETTO, G. et al. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima temperado. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água [recurso eletrônico]. Cap. 9, p. 141-158, 2016.

CARDOSO, D.P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CQFSRS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11ed. 376 p. 2016.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M. & NEWMAN, R.H. Na-

ture and distribution of soil 405 phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by 31P nuclear 406 magnetic. Journal of Soil Science, v. 36, n. 2, p. 199-207, 1985.

COSTA, M.D. e LOVATO, P.E. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2004, vol. 39, no 6, p. 603-605.

DAKORA, F.D.; PHILLIPS, D.A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. In: Food Security in Nutrient-Stressed Environments: Exploiting Plants' Genetic Capabilities. Springer, Dordrecht, 2002. p. 201-213.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D., et al. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2008, vol. 43, no 8, p. 1085-1091.

GATIBONI, L. C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 4, 2007.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Science Society of America Journal, v. 46, n. 5, p. 970-976, 1982.

HOAGLAND, D.R. et al. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, v. 347, n. 2nd edit, 1950.

KUNZE, A. et al. Phosphatase activity in sandy soil influenced by mycorrhizal and non-mycorrhizal cover crops. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2011, vol. 35, no 3, p. 705-711.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycological research, v. 92, n. 4, p. 486-488, 1989.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: [Edição do autor], 1991. 336p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006.

MCGONIGLE, T.P. et al. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. New phytologist, v. 115, n. 3, p. 495-501, 1990.

MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 841-847, 2003.

RHEINHEIMER, D.dS.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. Revista brasileira de Ciência do Solo, 2000, vol. 24, no 3.

SILVA, M. P. da et al. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 12, n. 1, 2017.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S. (Ed.). Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994. pt.2, p.775-833.

TEDESCO, M.J. et al. Análise do solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

**Tabela 1.** Atividade de fosfatases ácidas no solo (ug de PNF g solo seco $^{-1}$ $h^{-1}$) durante o ciclo dos tratamentos: (NFP) Nabo forrageiro com adição de P; (CP) Centeio com adição de P; (NF0P) Nabo forrageiro sem adição de P; (C0P) Centeio sem adição de P.

| Tratamentos | 7 DAS | 15 DAS | 22 DAS | 35 DAS | 50 DAS | 64 DAS | 80 DAS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NFP | 193 cC(1) | 198 bC | 250nsC | 483 bB | 239 aC | 503 aB | 675 aA |
| CP | 268 bC | 262 aC | 276 C | 568 aB | 257 aC | 577 aB | 757 aA |
| NF0P | 421 aA | 217 bC | 2201 C | 476 bA | 136 bD | 316 bB | 367 bB |
| C0P | 278 bC | 256 aC | 271 C | 429 bB | 266 aC | 413 bB | 528 bA |

(1)Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

**Tabela 2.** Fósforo extraído ($mg^{-1}$ $kg^{-1}$) no solo por RTA durante o ciclo dos tratamentos: (NFP) Nabo forrageiro com adição de P; (CP) Centeio com adição de P; (NF0P) Nabo forrageiro sem adição de P; (C0P) Centeio sem adição de P.

| Tratamentos | 7 DAS | 15 DAS | 22 DAS | 35 DAS | 50 DAS | 64 DAS | 80 DAS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NFP | 5,59 b(1) | 6,95 b | 6,33 b | 8,59 b | 9,35 b | 9,97 b | 14,30 a |
| CP | 6,41 b | 9,31 a | 9,15 a | 14,16 a | 15,67 a | 20,87 a | 12,01 b |
| NF0P | 4,91 b | 4,05 c | 5,46 b | 4,08 c | 5,39 c | 4,38 c | 6,50 c |
| C0P | 8,35 a | 4,97 c | 6,73 b | 5,06 c | 10,28 b | 5,79 c | 6,06 c |

(1)Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Remineralizador de Solo Associado à Inoculação com Organismos Benéficos no Cultivo do Milho

Jardel Galina[1]; Genicelli Mafra Ribeiro[2]; Carolina R. Duarte Maluche Barreta[3]

[1]Acadêmico de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECO, Servidão Anjo da Guarda, 295D, Chapecó-SC, 89809-900, jardelgalina@unochapeco.edu.br; [2]Pós-doutoranda, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; [3]Professora do curso de Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ.

## INTRODUÇÃO

A anos a agricultura vem passando por mudanças tecnológicas que vêm revolucionando a produtividade das lavouras e com isso, aumentando o uso dos fertilizantes solúveis para suprir as necessidades das culturas que apresentam amplo potencial produtivo devido a genética implantada.

O Brasil é o 4º maior consumidor de fertilizantes no mundo, mas produz apenas 40% do que consome. Portanto, o país é dependente de fertilizantes importados que sofrem oscilações de preços ditado pelo mercado externo (ANDA, 2018). Nesse sentido, destaca-se a importância de pesquisar a eficiência dos fertilizantes no campo, associados ao uso de fontes alternativas de nutrientes.

Os remineralizadores também conhecidos como pó de rocha, são insumos que podem se tornar uma importante ferramenta na reposição de nutrientes aos solos (SILVA, 2017), podendo representar uma opção aos fertilizantes químicos como fonte de nutrientes, permitindo a substituição de parte da adubação convencional (SILVA et al., 2012).

O pó de rochas silicáticas é uma excelente opção para uso na agricultura, pois apresentam na sua composição teores consideráveis de macro e micronutrientes (SILVA, et al., 2012). Entretanto, os mecanismos de ação do pó de olivina melilitito, precisa ser melhor conhecido para viabilizar seu manejo.

Alguns organismos que vivem no solo e possuem capacidade de estabelecer relações de simbiose com as plantas, podem ser utilizados a fim de melhorar o aproveitamento dos nutrientes que são disponibilizados através da fertilização química solúvel e até mesmo acelerar a liberação dos que estão retidos em formas inorgânicas estruturais, pela sua ação no intemperismo de rochas (CARA et al., 2012).

Neste sentido espécies de bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) que estabelecem simbiose, principalmente com as famílias Poaceae e Fabaceae, podem ser usadas melhorando consideravelmente o aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pela fertilização química e também ao longo do tempo aumentar a liberação do Fósforo (P) e de outros nutrientes, que estão mineralizados no solo (EMBRAPA, 2018).

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a utilização de remineralizador de solo associado à inoculação com organismos benéficos no cultivo do milho e seu efeito sob parâmetros vegetativos e de rendimento da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um LATOSSOLO Vermelho de textura argilosa, no município de Erval Grande/RS. Foram testados cinco tratamentos sob um delineamento de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições, onde cada tratamento e sua repetição foi representado por uma parcela individual de 32m$^2$ (8x4), arranjadas por sorteio e bloqueadas.

Alguns tratamentos foram submetidos a redução de 25% da adubação química solúvel incorporando-se uma dose equivalente a 5ton/ha de pó de olivina melilitito, sendo 50% no sulco de plantio e 50% superficial. Além disso foi realizada a inoculação e co-inoculação (*Azospirillum sp.* e *Bacillus sp.*) em determinados tratamentos, conforme representado na tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos da pesquisa.

| Tratamentos | Descrição |
|---|---|
| T1 | Adubação química (Aq) 100% |
| T2 | Aq75%+Remineralizador (Rem) |
| T3 | Aq75%+Rem+Coinoculação (Ci) |
| T4 | Aq75%+Rem+*Azospirillum* (Azo) |
| T5 | Aq75%+Rem+*Bacillus* (Bac) |

A adubação foi realizada a partir de análise de solo com 400 kg da fórmula 09-33-18 no sulco das parcelas do T1 e na sequencia nas outras parcelas (T2, T3, T4 e T5) com redução de 25% da dose recomendada. Após a distribuição do fertilizante aplicou-se o pó de rocha, sendo 2,5ton/ha no sulco de plantio e 2,5ton/ha de forma superficial a lanço.

A inoculação e a co-inoculação foram realizadas nas sementes com um borrifador manual nas seguintes doses: 100ml de Azzofix (*Azospirillum brasilense*) para cada 75 mil plantas e 100ml de Biomaphos (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) para 60 mil plantas.

A semeadura foi realizada no dia 11/01/20 de forma manual, com espaçamento entre linhas de 60cm e população de 75mil plantas/ha do híbrido DKB 240 PRO3. No estádio V6 foi aplicado 80Kg de Nitrogênio (N) e 15Kg de Pótássio ($K_2O$) em cobertura para suprir a necessidade da cultura conforme estimado pela análise do solo.

A leitura de clorofila (CL) total foi feita em todos os tratamentos no estádio V4, antes da aplicação do N em cobertura, com um leitor digital de clorofila, fazendo-se 3 leituras no terço central do limbo foliar da última folha completamente expandida de 12 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela.

A altura das plantas (AP) foi mensurada com uma fita métrica no estádio R2, em 20 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela, iniciando-se a medida no primeiro nó visível acima do solo até a inserção da última folha.

O diâmetro do colmo (DC) foi determinado com um paquímetro mecânico no estádio R3, em 20 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela no centro do primeiro entre nó acima do solo.

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi determinada após a colheita dos grãos, submetida a desidratação em estufa de circulação forçada a 55°C até peso constante, quando realizou-se a pesagem das amostras para o cálculo da MSPA/ha.

A produtividade (PROD) foi determinada através da colheita dos grãos da área útil da parcela (24m$^2$). Inicialmente foi realizado a pesagem total da massa de grãos e depois separou-se uma amostra de 1000g de cada parcela para desidratar e calcular a umidade dos grãos. Após determinada a umidade, foi feito a correção da mesma para 13% e calculado a produtividade definitiva em sacas/ha.

O peso de mil sementes (PMS) foi calculado conforme proposto por Ista (2008), pesando 8 repetições de 100 sementes de cada amostra com umidade a 13%, para obter o PMS final a partir das médias.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito no item material e métodos. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Scott-Knott com probabilidade de erro de 5% (P<0,05) com o auxílio do software Statistica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta da associação da inoculação com a redução da dose de fertilizante químico e aplicação do pó de rocha apresentou efeitos significativos para as variáveis CL total, AP, DC, MSPA, PMS e PROD ($p < 0,05$).

Tabela 2. Médias da clorofila total (CL), massa seca de parte aérea (MSPA) e diâmetro de colmo (DC).

| Trat [1] | CL TOTAL [2] | MSPA [2] | DC [2] |
|---|---|---|---|
| | ---ICF--- | ---t/ha-- | ---cm³--- |
| T1 | 49,88 b | 13,57 b | 2,43 c |
| T2 | 45,40 c | 11,26 c | 2,28 c |
| T3 | 59,52 a | 15,07 a | 3,37 a |
| T4 | 59,07 a | 14,91 a | 2,92 b |
| T5 | 49,99 b | 15,23 a | 3,52 a |
| CV (%) | 4,97 | 6,1 | 6,24 |

[1] T1, Aq100%; T2, Aq75%+Rem; T3, Aq75%+Ci; T4, Aq75%+Azo; T5, Aq75%+Bac. [2] Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O N é o principal constituinte da molécula de clorofila, pois 50% do N total nas folhas se encontram na clorofila e compostos dos cloroplastos (EMBRAPA, 2018). Desta forma, o índice de clorofila Falker (ICF) é um bom indicativo de N nas plantas, como medida indireta do teor de clorofila. Os maiores valores do ICF foram encontrados nas plantas dos tratamentos inoculados com *Azospirillum sp,* como demostra a tabela 2. Conforme verificado por Marini et al. (2015) os ganhos com *Azospirillum* sp. vão além da FBN, correspondendo também ao aumento da superfície de absorção das raízes, que consequentemente, aumenta a capacidade de absorção de nutrientes.

As maiores médias de MSPA foram encontradas nos tratamentos inoculados independentemente das bactérias utilizadas (tabela 2). Efeitos positivos da inoculação com *Azospirillum sp.* em híbridos de milho incrementaram até 11% no valor da massa de parte aérea independentemente da dose de N aplicada (FARGONI, 2019).

Como pode-se observar na tabela 2, os tratamentos que receberam inoculação com *Bacillus sp.* (T3 e T5) apresentaram DC superior. Essa variável também foi superior para Fargoni (2019), quando observou que as plantas que foram inoculadas com *Azospirillum sp.* apresentaram DC superior as que não receberam a inoculação.

A disponibilidade de N afeta diversos processos no crescimento e diferenciação dos tecidos nas plantas (EMBRAPA, 2018). Nesse âmbito, o aumento do DC mostra-se vantajoso, pois esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebramento de planta na cultura do milho.

Além disso, o DC é muito importante para a obtenção de alta produtividade, pois, quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar e translocar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAMINSKI et al., 2011).

Conforme demostrado na tabela 3, podemos observar que os tratamentos inoculados (T3, T4 e T5) apresentaram maior AP. Kaminski et al. (2011), também encontrou diferença significativa para a variável altura de plantas quando associou a inoculação e a redução de doses de N em milho safrinha.

Tabela 3. Médias da altura de plantas (AP), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (PROD).

| Trat [1] | AP [2] | PMS [2] | PROD [2] |
|---|---|---|---|
| | ---m--- | ---g--- | ---sc/ha--- |
| T1 | 2,08 b | 386,12 a | 135,50 a |
| T2 | 2,09 b | 321,05 b | 102,01 b |
| T3 | 2,22 a | 394,51 a | 143,17 a |
| T4 | 2,27 a | 398,07 a | 143,62 a |
| T5 | 2,18 a | 400,01 a | 144,11 a |
| CV (%) | 4,92 | 7,74 | 6,49 |

[1] T1, Aq100%; T2, Aq75%+Rem; T3, Aq75%+Ci; T4, Aq75%+Azo; T5, Aq75%+Bac. [2] Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A inoculação com *Azospirilum sp.* aumentou a tamanho das plantas, o diâmetro do caule, o teor de clorofila e o peso da biomassa seca e raízes em até 33% no estudo realizado por Costa et al. (2015) na cultura do milho. O aumento na AP se deve ao fato de que a inoculação possibilita relações de simbiose na rizosfera, estimulando a produção de fitohormônios e aminoácidos capazes de provocar crescimento e desenvolvimento dos tecidos vegetais.

O peso de mil sementes apresentou relação direta com a produtividade, demostrando que esta variável foi afetada de forma negativa somente no T2. Aumentos no peso de mil grãos e comprimento da espiga proporcionaram aumento no rendimento em até 26% quando foi inoculado as sementes do milho com *Azospirillum sp.* (COSTA et al., 2015).

O rendimento de grãos foi influenciado pela interação entre a inoculação com as BPCP e a redução da dose de fertilizante químico, entretanto no final as produtividades se equivaleram (tabela 3), demostrando que a inoculação foi eficiente no aumento do poder de busca por nutrientes suprindo a falta de parte da adubação de base.

Considerando o poder de liberação dos nutrientes mineralizados no solo proporcionado pelas BPCP e sua ação no intemperismo biológico de rochas, esses microrganismos podem ter proporcionado a aceleração na liberação dos nutrientes contidos na forma estrutural do pó de rocha, contribuindo para o suprimento da adubação de base nos tratamentos que receberam a inoculação.

Várias contribuições positivas foram verificadas como resultado da interação entre a cultura do milho e bactérias do gênero *Azospirillum sp. e Bacillus sp.* Dentre as vantagens conferidas destacam-se o teor CL total, AP, DC, MSPA e PMS que se relacionam com o rendimento.

Na pesquisa atual houve diferença nos resultados, pois a inoculação das sementes resultou em diferenças significativas no DC e AP havendo incremento nesses valores e alterações no teor de clorofila, em que a inoculação foi favorável, colaborando para a produtividade dos tratamentos que foram submetidos a alteração na dose de fertilizante químico e suplementados com o remineralizador.

## CONCLUSÕES

A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilensi* interfere positivamente no desenvolvimento das plantas de milho safrinha, alterando principalmente, características morfofisiológicas como a AP, MSPA e principalmente o teor de CL total.

A inoculação das sementes com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* interfere positivamente no desenvolvimento das plantas de milho safrinha, alterando principalmente, características morfofisiológicas como o DC, AP e MSPA. Não interfere de forma positiva para aumentos no teor de CL total.

A co-inoculação das sementes combinando dois gêneros de BPCP (*Bacillus sp. e Azospirillum sp.*) interfere de forma positiva no desenvolvimento do milho safrinha, alterando

principalmente características morfofisiológicas como o DC, AP e produção de MSPA e teor de CL total.

A interação do pó de rocha com a adubação química e as BPCP foi positiva para as variáveis CL total, AP, DC e MSPA, as quais contribuíram com a produtividade do milho safrinha.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Dinamisa Mineração SA, Bioma e Microquímica pela disponibilização do pó de rocha e inoculantes utilizados na pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Associação Nacional de Difusão de Adubos - Anda. Indicadores do setor de fertilizantes, dezembro/2018. [Acessado em: 20 de ago. 2019]. Disponível em: https://anda.org.br/arquivos/.

Cara DVC, et al. Solubilização biológica de potássio. In: Série tecnologia Ambiental, 66: Rio de janeiro. CETEM/MCTI; 2012.

Costa RRGF, et al. Eficiência do inoculante com Azospirillum brasilense no crescimento e produtividade do milho da segunda colheita. Pesquisa Agropeccuária, Goiânia;2015. v. 45, n. 3, p. 304-311.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Potencial de microrganismos em solubilizar fosfato. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; 2018. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 166).

Fargoni PG. *Azospirillum brasilensi*: interferência na qualidade de sementes e desenvolvimento de milho doce [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; São Paulo, 2019.

International Seed Testing Association – Ista. Weight determination. In: International rules for seed tesing. Ed. 2008. Cap.10, p.10.1-10,3.

Kaminski TH, et al. Combination of inoculation methods of *Azospirilum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. In: Anais da SIEPE, 2011. 4p.

Marini D, et al. Crescimento e rendimento de híbridos de milho associados a inoculação com *Azospirillum brasilensi* e fertilização nitrogenada. Revista Ceres, 2015; 62/117-123. ISSN 0034-737X.

Silva A, et al. Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucaliptos benthamii*. Floresta, Curitiba-PR; 2012. v. 42, n. 1, p. 69 – 76.

Silva, CP. Carbonatação de basalto para armazenamento de Carbono [Dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, 2017.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação Ecotoxicológica de Fipronil sobre *Folsomia candida* em Latossolo e Neossolo

Tânia Toniolo[1]; Thuanne Braúlio Henning[2]; Felipe Ogliari Bandeira[3]; Aline Schiehl [4]; William Eduardo dos Santos[4]; Paulo Roger Lopes Alves[5]

[1]Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Av. Fernando Machado, 108E - Centro, Chapecó - SC, 89814-470, taniatoniolo17@outlook.com; [2] Estudante de Mestrado em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina; [3]Estudante de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina; [4] Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul; [5] Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul.

## INTRODUÇÃO

O fipronil é um inseticida da classe dos fenilpirazóis que atua na proteção das sementes e plântulas no campo, contra a ação de insetos-praga (NUNES, 2016).

Apesar da eficiência no campo, o fipronil, por ser antagonista do neurotransmissor ácido gama amino butírico (GABA), pode causar efeitos negativos em abelhas, peixes e aves insetívoras (PISA et al., 2015).

No solo, há evidências de que esse inseticida sistêmico causa efeitos negativos sobre artrópodes não-alvo (PISA et al., 2015), os quais possuem grande importância ecológica neste ambiente.

Considerando que nos últimos anos, cerca de 98% das sementes de soja e milho híbrido são tratados com inseticidas no Brasil, e entre as moléculas utilizadas está o fipronil (NUNES, 2016), torna-se necessário estudar a toxicidade e o risco ecológico dessa formulação sobre a fauna terrestre.

Entretanto, para formulações de tratamento de sementes à base de fipronil, os únicos dois estudos ecotoxicológicos encontrados foram realizados em Solo Artificial Tropical (ALVES et al., 2013, 2014), desconsiderando a influência que as propriedades dos solos naturais podem ter sobre a toxicidade deste pesticida. Além disso, esses estudos observaram diminuição da reprodução de colêmbolos *Folsomia candida* em concentrações de fipronil próximas às potencialmente presentes no solo, após a semeadura (ALVES et al., 2014).

Além disso, é possível que os efeitos tóxicos de fipronil podem variar de acordo com o tipo de solo (ZORTÉA et al. 2018a; 2018b), e que as formulações para tratamento de sementes, em doses recomendadas, possam oferecer risco significativo para espécies edáficas em solos tropicais naturais.

O objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade e risco ecológico de fipronil para *F. candida* em dois tipos de solos naturais tropicais: Latossolo e Neossolo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de toxicidade crônica com *F. candida* em Latossolo e Neossolo utilizando fipronil, sendo o delineamento in-

teiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições.

### Solos - teste

O Latossolo e o Neossolo (Tabela 1) foram coletados nos Municípios de Palmitos (SC - 27 º 04' S 53 09' W) e Araranguá (SC - 29° 00' S 49° 31' W), em uma profundidade de 0-20 cm do perfil, em áreas sem histórico de contaminação, foram secos ao ar, peneirados (2,0 mm) e desfaunados, conforme descrito em Alves et al. (2013).

Tabela 1. Caracterização química e física de Latossolo e Neossolo.

| Parâmetros | Latossolo | Neossolo |
|---|---|---|
| pH (KCL) | 4,83 ± 0,05 | 4,1± 0,04 |
| MO % (m/v) | 3,2 ± 0,8 | 2,2 ± 0,1 |
| $CTC_{pH\,7}$ (cmolc $dm^{-3}$) | 16,7 ± 0,3 | 5,2 ± 0,1 |
| $CTC_{efetiva}$ (cmolc $dm^{-3}$) | 10,8 ± 0,3 | 1,5 ± 0,1 |
| Argila (g $kg^{-1}$) | 355 ± 14,1 | 41,5 ± 2,2 |
| Silte (g $kg^{-1}$) | 330 ± 15,6 | 20,5 ± 1,4 |
| Areia (g $kg^{-1}$) | 315 ± 1,4 | 938 ± 4,2 |
| CRA (100 %) | 47,3 ± 1,3 | 31,6 ± 1,1 |

MO – matéria orgânica; CTC – capacidade de troca de cátions; CRA – capacidade de retenção de água.

### Organismo - teste

Colêmbolos *F. candida* foram criados em ambiente controlado, com temperatura de 20ºC, fotoperíodo de 12:12 h. Foi realizada a coleta de ovos para obter organismos sincronizados, para a realização dos ensaios (ISO, 2014).

### Ensaios ecotoxicológicos

As concentrações utilizadas de fipronil para a contaminação dos solos, foram de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 mg $kg^{-1}$, e o volume de solução foi calculado para atingir valores de umidade próximos a 60% da CRA de cada solo (ALVES et al., 2014; ISO, 2014).

Em um recipiente cilíndrico de vidro foi adicionado 30 g de solo contaminado ou solo controle (somente com adição de água destilada), 10 colêmbolos com idade sincronizada entre 10 e 12 dias. Semanalmente, os recipientes foram abertos para permitir trocas gasosas e reposição de umidade do solo. Os colêmbolos foram alimentados no início, e após 14 dias do início do teste, com aproximadamente 2 mg de levedura granulada seca (ISO, 2014).

Após 28 dias do início dos ensaios, o conteúdo de cada réplica (solo + organismos) foi transferido para um novo recipiente, onde foi adicionado água e tinta preta. Os recipientes foram fotografados em alta resolução e o número de juvenis foi contabilizado através do software Image J® (ALVES et al., 2014; ISO, 2014).

### Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade para atender as pressuposições da ANOVA. Diferenças significativas entre as concentrações e o controle foram identificadas pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$). As concentrações de efeito em 10 e 50% ($CE_{10}$ e $CE_{50}$) foram determinadas através de modelos de regressão não lineares (ENVIRONMENTAL CANADA, 2007). Todas as análises foram realizadas no software Statistica 13.5.0.17 ®.

Para estimar o risco da exposição, foram estimadas as concentrações previstas no ambiente (CPA), a qual considerou densidades dos solos de 1 e 1,5 g $cm^{-3}$ para Latossolo e Neossolo, respectivamente, profundidade de semeadura (5 cm), quantidade de sementes de soja (64 kg $ha^{-1}$ – cultivar BRS 232) e a recomendação do produto comercial Shelter® para o tratamento de sementes de soja (50 g i.a./100 Kg de sementes), de acordo com Alves et al. (2013).

O cálculo do risco ecológico da exposição de *F. candida* ao fipronil nos diferentes solos, foi realizado através da metodologia da Razão Toxicidade-Exposição (RTE), onde o valor da $CE_{10}$ foi dividido pela CPA ($RTE = CE_{10}/CPA$) (RENAUD et al., 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios de validação dos ensaios foram atendidos, apresentando no controle, coeficiente de variação > 30%, sobrevivência de adultos > 80% e média de juvenis > 100.

O fipronil, através da formulação utilizada no tratamento de sementes, causou redução do número de juvenis gerados pelos colêmbolos *F. candida* nos dois solos. Em Neossolo os efeitos iniciaram a partir da primeira concentração testada, porém, em Latossolo os efeitos iniciaram a partir da segunda concentração testada (Figura 1).

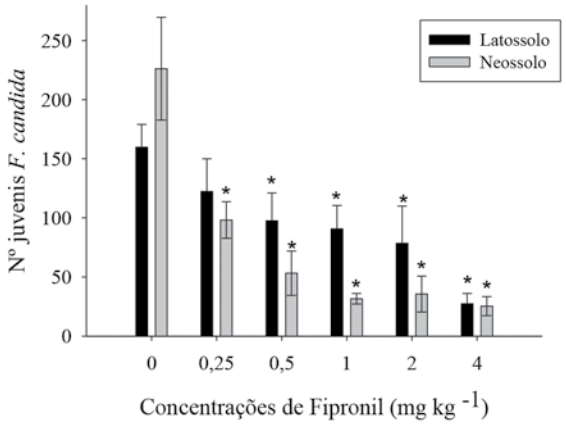



Figura 1. Número médio de juvenis *F. candida* encontrados em Latossolo e Neossolo. Asteriscos (*) indicam redução significativa do número de juvenis em relação ao controle pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$). (┬) Desvio padrão ($n = 5$).

As $CE_{50}$ e $CE_{10}$ mostraram diferenças de toxicidade entre os solos testados. Além disso, a RTE indicou risco significativo do tratamento de sementes a base de fipronil para *F. candida* (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros ecotoxicológicos ($CE_{50}$ e $CE_{50}$), Concentração prevista no ambiente (CPA) e Razão Toxicidade – Exposição (RTE) calculados com base em ensaios de toxicidade crônica com *F. candida*, em Latossolo e Neossolo.

| Parâmetros | Latossolo | Neossolo |
|---|---|---|
| $CE_{50}$ | 1,28 (0,65 - 1,91) | 0,20 (0,16 - 0,25) |
| $CE_{10}$ | 0,5 (0,004 - 1,06) | 0,06 (0,05 - 0,08) |
| CPA | 0,064 | 0,043 |
| RTE | 7,81 | 1,41* |

CPA, $CE_{50}$ e $CE_{50}$: Concentrações expressas em mg de fipronil por kg solo seco (mg $kg^{-1}$); O intervalo de confiança (IC) está entre parênteses; RTE < 5 = risco significativo para *F. candida* (*).

Neste estudo, foram observados efeitos negativos do fipronil sobre a redução da reprodução de colêmbolos *F. candida*. A toxicidade da molécula também foi observada por Alves et al. (2014), Zortéa et al. (2018a; 2018b;) Oliveira (2017) e San Miguel et al., (2008).

Além dos efeitos observados em colêmbolos, há estudos que demonstram os efeitos de fipronil em outras espécies bioindicadoras do solo, os quais indicam menor toxicidade para minhocas e enquitreídeos (ZÓRTEA et al., 2018b). Esses efeitos sobre os organismos edáficos são em virtude, do modo de ação da molécula especificamente sobre artrópodes.

O fipronil pode atuar como um desregulador endócrino, na expressão do receptor de ecdisona, que está ligado a maturação sexual e ecdise em artrópodes, ocasionando redução da oviposição, pelas fêmeas (CARY et al, 2004).

É possível que os efeitos na reprodução de *F. candida* sejam explicados em parte, pelo contato do fipronil com os organismos no solo, através da absorção da água nos poros do solo por meio do tubo ventral, e a partir da ingestão de alimentos contaminados no solo (SAN MIGUEL et al., 2008), o que possivelmente pode ocorrer quando realizado a semeadura de sementes tratadas com fipronil em condições de campo.

Verificou-se também, que as propriedades e características dos solos influenciaram no potencial tóxico da molécula para a espécie.

A menor toxicidade de fipronil para colêmbolos em Latossolo (**Figura 1 e Tabela 2**) pode ser explicada pela maior presença da MO, argila, $CTC_{efetiva}$ e CRA (**Tabela 1**) (SINGH et al., 2016). Essas características contribuem para a retenção da molécula nesse solo e, consequentemente, menor disponibilidade na solução. Neste sentido, o fipronil em Neossolo pode ter ficado mais disponível na solução e, por isso, ter causado maior toxicidade aos organismos, em comparação ao Latossolo.

Zortéa et al. (2018a; 2018b) também observaram os efeitos de fipronil similares aos nossos, com baixos valores de $CE_{50}$ para Neossolo (0,14 mg $kg^{-1}$), quando comparado ao Latossolo (0,26 mg $kg^{-1}$), demonstrando o efeito da textura e da MO, como os principais fatores que contribuem para minimizar o efeito do i.a. para os organismos.

Com um solo natural (11,06% MO, 35% de argila, CRA 69,8%) Oliveira (2017) observou que, após 35 dias de exposição, houve redução do número de juvenis na concentração de 0,26 mg $kg^{1}$, porém, com novos ensaios de multigeração, a diminuição da reprodução iniciou na concentração de 0,13 mg $kg^{-1}$. Desta forma, é possível que as novas gerações de organismos tornem-se ainda mais sensíveis ao fipronil no ambiente. Além disso, a ação da molécula poderá ser mais intensa principalmente em solos mais arenosos em comparação aos argilosos, como observado neste estudo de reprodução.

A partir da CPA, é possível observar que o fipronil utilizado através do tratamento de sementes provavelmente não cause impacto em Latossolo, visto que os efeitos iniciais sobre a reprodução de *F. candida* iniciaram em concentração 8 vezes superior a CPA em Latossolo (**Figura 1 e Tabela 2**). Além disso, a Razão Toxicidade-Exposição (RTE) demostrou que não ocorre risco significativo de fipronil neste solo (**Tabela 2**). E isso deve-se as características desse solo que minimizam os efeitos de toxicidade e, consequentemente, do risco.

Ao contrário do que ocorreu no Latossolo, em Neossolo a exposição à CPA demonstra risco significativo. Indicando que solos com baixos teores de argila e MO possivelmente apresentam maiores riscos do fipronil para *F. candida*.

## CONCLUSÕES

Fipronil causa redução do número de juvenis em colêmbolos *F. candida* em Latossolo e Neossolo, indicando que há diferenças na toxicidade do i.a. entre os solos. Através RTE, verificou-se que a CPA de fipronil via formulação de tratamento de sementes, pode apresentar maior risco em Neossolo.

**AGRADECIMENTOS**: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projeto 407170/2016-2.

## REFERÊNCIAS

Alves PRL, Cardoso EJBN, Martines AM, Sousa JP, Pasini A. Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. Chemosphere. 2013;90:2674–2682. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.04.

Alves PRL, Cardoso EJBN, Martines AM, Sousa JP,Pasini A. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. Ecotoxicol Environ Saf. 2014;105:65–71. doi:10.1016/j.ecoenv.2014.04.010

Cary TL, Thomas Chandler G, Volz DC, Walse SS, Ferry JL. Phenylpyrazole Insecticide Fipronil Induces Male Infertility in the Estuarine Meiobenthic Crustacean Amphiascus tenuiremis. Envi-

ron. Sci. Technol. 2004: 38: 522-528. doi: https://doi.org/10.1021/es034494m.

Environmental Canada. Guidance Document on Statistical Methods for Environmental Toxicity Test. Environmental Protection Series, EPS 1/RM/46, Canada, Ottawa, 2007.

IBAMA. Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis: Relatório de comercialização de agrotóxicos. 2020. [Acessado em: 02 ago. 2020]. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-decomercializacao-de-agrotoxicos.

ISO - International Standardization Organization. ISO 11267: Soil quality — Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil contaminants, p.19, 2014.

Nunes JCS. Tratamento de sementes de soja, como um processo industrial no Brasil. SEED NEWS, XX ed., jan. 2016. [Acessado em: 27 ago. 2020]. Disponível em: https://seednews.com.br/edicoes/artigo/334-tratamentode-sementes-de-soja-como-um-processo-industrial-nobrasil-edicao-janeiro-2016.

Oliveira, D. Toxicidade multigeracional do fipronil para *Folsomia candida* em solo natural tropical. 2017. (Mestrado Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2017.

Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Downs CA, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey CA, Noome DA,

Settele J, Simon-Delso N, Stark JD, Van der Sluijs JP, Van Dyck H, Wiemers M. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environmental Science And Pollution Research. 2015: 22: 68-102. doi: 10.1007/s11356-014-3471-x.

Renaud MA, Akeju T, Natal-da-Luz T, Leston S, Rosa J, Ramos F, Sousa JP, Azevedo-Pereira HMVS. Effects of the neonicotinoids acetamiprid and thiacloprid in their commercial formulations on soil fauna. Chemosphere. 2018: 194: 85–93. doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.102.

San Miguel A, Raveton M, Ravanel PLG. Phenylpyrazoles impact on *Folsomia candida* (Collembola). Soil Biology & Biochemistry. 2008: 40: 2351 - 2357. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.05.014.

Singh A, Srivastava A, Srivastava PC. Sorption–desorption of fipronil in some soils, as influenced by ionic strength, pH and temperature. Pest Manag Sci. 2016: 72: 1491 -1499. doi: 10.1002/ps.4173

Zórtea T, Reis TR, Serafini S, Sousa JP, Silva AS. Baretta D. Ecotoxicological effect of fipronil and its metabolites on *Folsomia candida* in tropical soils. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2018a: 62: 203–209. doi: https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.07.011.

Zórtea T, Silva AS, Reis TR, Segat JC, Paulino AT, Sousa JP, Baretta D. Ecotoxicological effects of fipronil, neem cake and neem extract in edaphic organisms from tropical soil. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018b: 166: 207–214. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.061.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Utilização de Nanopartículas de Óxido de Magnésio (NPs-MgO) Em Latossolo Vermelho e Seu Efeito Sobre a Atividade Microbiana do Solo

Érika Almeida Santa Catharina[1]; André Júnior Ogliari[2]; Edpool Rocha Silva[3]; William Borges[4]; Márcio Antônio Fiori[5]; Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta[5]

[1]Acadêmica do curso de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ – Servidão Anjo da Guarda, 295 – D, Efapi, Chapecó – SC, 89809 – 900. E-mail: erika.catharina@unochapeco.edu.br; [2]Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ; [3]Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ; [4]Acadêmico do Curso de Ciências Biológicas – UNOCHAPECÓ; [5]Professores dos cursos de Engenharia e Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNOCHAPECÓ.

## INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tem o potencial de revolucionar o setor agrícola com novas ferramentas para aumentar a produtividade das plantas cultivadas através de nutrientes eficientes na forma de nanofertilizantes (TARAFDAR; SHARMA; RALIYA, 2013). Estudos que avaliam a sua utilização, estendendo a aplicação das nanoparticulas como fertilizantes (SEGATTO et al., 2018; ALVES et al., 2019), pesticidas (JAYNES et al., 2012), fertilizantes biológicos (MIN, 2003), entre inúmeras outras possibilidades de aplicação, já são amplamente realizados, porém esses estudo não avaliam os atributos microbianos do solo.

Embora os nanomateriais sejam amplamente empregados por diversos setores, e a nanopartícula de óxido de magnésio (NPs-MgO) represente um potencial fertilizante; pouco ainda sabe-se sobre o efeito da utilização que esta nanopartícula pode provocar no ambiente. Estudos recentes que avaliem a toxicidade das nanotecnologias de óxidos metálicos ainda são inexistentes, principalmente, através de medidas indiretas qualitativas da microbiota do solo. Aspecto pouco conhecidos dos nanomateriais ao passo que possuem formas, estruturas e tamanhos diferentes, podem gerar diferentes efeitos sobre a microbiota do solo (TIED et al., 2009).

Estudos realizados em outros países incluem solos diferentes dos encontrados no Brasil. A biodiversidade encontrada em território nacional é muito ampla, gerando assim uma necessidade de estudos que envolvam solos brasileiros para avaliação dos possíveis impactos e riscos que estas e outras nanopartículas podem causar ao meio ambiente e à saúde humana quando utilizadas como possíveis fertilizantes (NOGUEIRA; PAINO; ZUCOLOTTO, 2013), obtendo uma melhor compreensão de seu efeito quando incorporadas ao sistema terrestre (BOUR et al., 2015).

A Respiração Basal do Solo (RBS) é um dos componentes que controla a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica e transformações envolvendo os nutrientes minerais. Permite avaliar a atividade microbiana, indicando o estado metabólico das comunidades de microrganismos presentes no solo (CARDOSO, ANDREOTE,

2016), sendo uma importante bioindicadora de qualidade.

O presente trabalho busca responder ao questionamento se o uso de nanopartículas de óxido de magnésio (NPs-MgO) causam alterações nos atributos microbianos do solo; e objetiva avaliar o efeito da aplicação no solo desta nanopartícula sobre a atividade microbiana do mesmo medida pela sua respiração basal (RBS).

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o ensaio foi utilizado um solo natural coletado no município de Chapecó – SC classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2019) como Latossolo Vermelho distrófico (LVd). O solo foi coletado em área sob vegetação natural não antropizada, sem histórico de uso agrícola, na camada superficial (0 – 0,20 m de profundidade). O solo foi tamisado após a coleta, em peneira de malha 2 mm para separação de fragmentos vegetais e outros resíduos.

O ensaio foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, utilizando doses crescentes (0; 25; 50; 100; 200 e 400 mg de Mg $kg^{-1}$ de solo) de nanopartículas de óxido de Mg (NP-MgO) incubadas ao longo de 60 dias em vasos plásticos com capacidade de 8 $dm^3$, avaliadas nos tempos 0 e 60 dias de incubação (T0 e T60). A incubação foi realizada em uma sala com temperatura (23ºC ± 2ºC) e fotoperíodo (12h:12h) controlado, e umidade corrigida semanalmente para 60% da capacidade de retenção de água (CRA). Ao final de cada período de incubação foram montados os ensaios para medição da atividade microbiana (Respiração Basal do Solo – RBS) segundo metodologia proposta por Alef & Nannipieri (1995) e SILVA et al. (2007). O solo foi então tratado com Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) para correção de pH para posterior aplicação das doses de NPs-MgO. Após 24h o ensaio T0 foi montado, enquanto o restante do solo foi para incubação pelo período de 60 dias para posterior montagem do T60. Após o período de incubação das amostras os dados foram tabulados e representam a média diária de emissão de C-$CO_2$ obtida durante o período apresentados sob a forma de gráfico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a decomposição de substratos orgânicos, os microrganismos contribuem para a ciclagem de nutrientes no solo (SHARMA et al., 2013) e produzem dióxido de carbono (CO2), que é emitido para a atmosfera (CURIEL YUSTE et al., 2007; LAL, 2010). Sendo assim, o teste apresentou grande variância na respiração dos dois primeiros tempos (T0 e T60) medidos através da emissão de C-$CO_2$.

Para os tempos avaliados a taxa de emissão de C-$CO_2$ variou entre 10,00 e 50,00 mg de C- $CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$ liberado no T0 (figura 1) e, para o T60 (figura 2) variou entre 10,00 e 80 mg de C-$CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$ liberado.

Foi possível observar que a maior taxa de emissão ocorreu no T60 no tratamento controle (70,00 mg C-$CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$) e a menor dentro do mesmo tempo na dose de 400 mg de Mg $kg^{-1}$ de solo (50,00 mg C-$CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$). Para o T0 a maior emissão foi Na dose de 50 mg de Mg $kg^{-1}$ de solo na forma de NPs-MgO (50,00 mg C-$CO_2$ $g^{-1}$ de solo seco $dia^{-1}$), e a menor taxa de emissão ocorreu na dose de 200 mg de Mg $kg^{-1}$ de solo na forma de NPs-MgO, sendo correspondente a 30,00 mg C-$CO_2$ $g^{-1}$ de solo $dia^{-1}$). Também é possível observar a diferença de estabilização entre os tempos, onde, para T0 os organismos apresentaram estabilização em 20 dias, e para o T60 em 19 dias.

Os resultados mostram que com o maior período de incubação ocorre a maior atividade de respiração basal do solo, isto porque a maior

liberação de $CO_2$ geralmente ocorre em função da maior atividade biológica que se encontra relacionada diretamente com a quantidade de carbono lábil existente no solo (MAZURANA et al., 2013). Além disso, com o passar do período de incubação no solo, as comunidades microbianas adaptam-se a condição exposta, principalmente em relação ao seu metabolismo. Isso explica os resultados obtidos para o primeiro tempo de incubação, 24h após a aplicação da nanopartícula ao solo. Os principais fatores que influenciam a atividade microbiana são a composição dos resíduos adicionados, seu estado físico e sua forma de aplicação (POWLSON, 2001); por isso foi possível perceber que os microrganismos tiveram uma maior taxa respiratória no T60 por conta do tempo de incubação, onde, no T0, os microrganismos estavam em condições de adaptação fisiológica, principalmente a aplicação da nanopartícula.

Os maiores valores de emissão de C-CO2 ocorreram no tratamento controle do tempo T60, o que sugere que a fonte de magnésio nano esteja sendo utilizada como substrato para atividade microbiana junto aos demais componentes, causando menor estresse metabólico, uma vez que as maiores doses testadas promoveram menor emissão de $C\text{-}CO_2$ em relação ao tratamento que não recebeu as nanopartículas.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização de NP-MgO afeta a respiração basal do solo (RBS) quando avaliada no T0 de incubação, promovendo ao longo do tempo uma menor condição de estresse metabólico com menores emissões de $C\text{-}CO_2$ pela atividade microbiana, sendo esta emissão menor nos tratamentos que receberam as maiores doses de nanopartículas no tempo T60 de avaliação.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem à Unochapecó pelo financiamento da pesquisa e ao CNPq pela concessão da bolsa (PIBIT/ CNPQ).

## REFERÊNCIAS

Alves, M. L. et al. Influence of ZnO Nanoparticles and a Non-Nano ZnO on Survival and Reproduction of Earthworm and Springtail in Tropical Natural Soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 43:e0180133, 2019.

Bour, A. et al. Environmentally relevant approaches to assess nanoparticles exotoxicity: A review. **Jounal of Hazardous Materials**, v. 283, p. 764-777, 2015.

Cardoso, E., J., B., N. & Andreote, F., D. **Microbiologia do Solo.** 2 ed. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP, p. 31- 123., 2016.

Jaynes, B. S. et al. Antimicrobial Silver Silica Composite. **US 20120294919 A1**, 14 maio 2012.

S, C. et al. Adsorption and incorporation of the zinc oxide nanoparticles in seeds of corn: germination performance and antimicrobial protection. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 5, n. 5, p. 277-295, 2018.

Min, Y. et al. Compound application technology for nano-biological fertilizer and soil conditioner. **CN 1413963-A**, 30 abr. 2003.

Nogueira, P. F. M.; Paino, I. M. M.; Zucolloto, V. Nanosilver: properties, applications and impacts on health and environment. **Revista Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 4, p. 59-71, 2013.

Tarafdar, J. C.; Sharma, S.; Raliya, R. Nanotechnology: Interdisciplinary science of applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 3, 2013.

Tiede K., Hanssellol, M., Breitbarth E., Chaudhry, Q: Boxall, A. B.

Considerations for environmental fate and ecotoxicity testing to support environmental risk assessments for engineered nanoparticles, **Journal of Chromatography A**, vol. 1216, n. 3, 2009, p. 503-509.

Mazurana, M.; Fink, J. R.; Camargo, E.; Schnitt, R. A.; CAMARGO, F. A. O. Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 3, p. 288-296, 2013.

Powlson, D. S. Manejo da matéria orgânica de solos. In: MACHADO, P. L. O. A. O papel dos microrganismos na conservação da matéria orgânica dos solos tropicais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. p. 7-9. (Documentos, v. 24).

Sharma, S. B.; Sayyed, R. Z.; Trivedi, M. H.; Gobi, T. A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. Singer Plus, Gujarat v. 2, n. 1, p. 587- 599, 2013.

Curiel Yuste, J.; Baldocchi, D. D.; Gershenson, A.; Goldstein, A.; Misson, L.; Wong, S. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. **Global Change Biology**, v. 13, n. 9, p. 2018-2035, 2007.

Lal, R. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic arbon emissions and advancing global food security. **BioScience, Washington**, v. 60, n. 9, p. 708-721, 2010.

Segatto, C. et al. Adsorption and incorporation of the zinc oxide nanoparticles in seeds of corn: germination performance and antimicrobial protection. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 5, n. 5, p. 277-295, 2018.

ALEF, Kassem; NANNIPIERI, Paolo. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576 p.

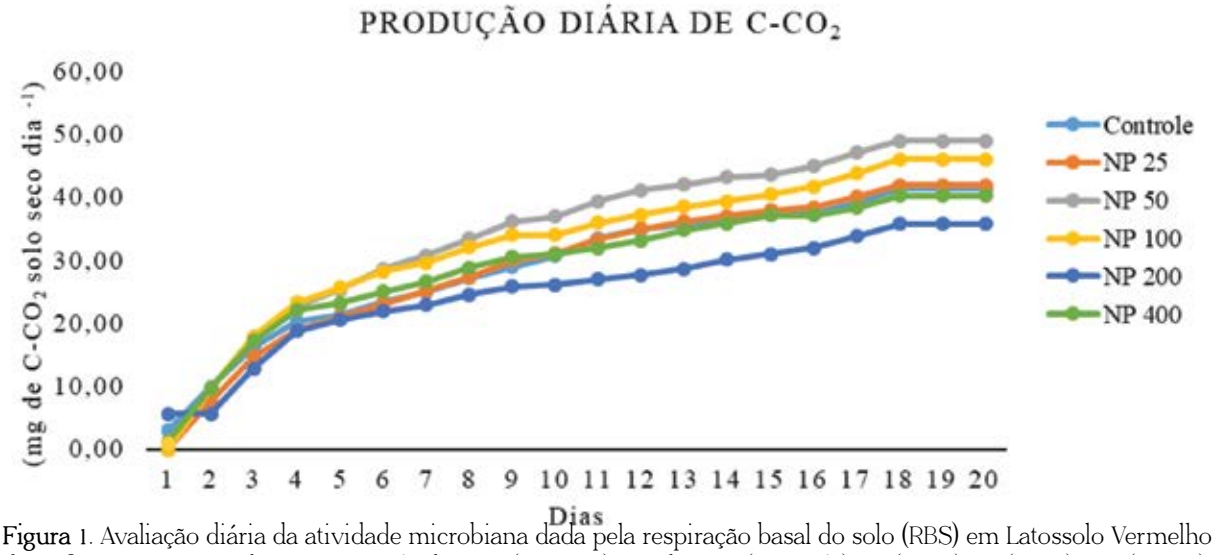



Figura 1. Avaliação diária da atividade microbiana dada pela respiração basal do solo (RBS) em Latossolo Vermelho distrófico na presença de nanopartícula de MgO (NP-MgO) nas doses 0 (Controle), 25 (NP25), 50 (NP50), 100 (NP100), 200 (NP200) e 400 (NP400) mg de Mg kg-1 de solo, no tempo zero dias de incubação (T0).

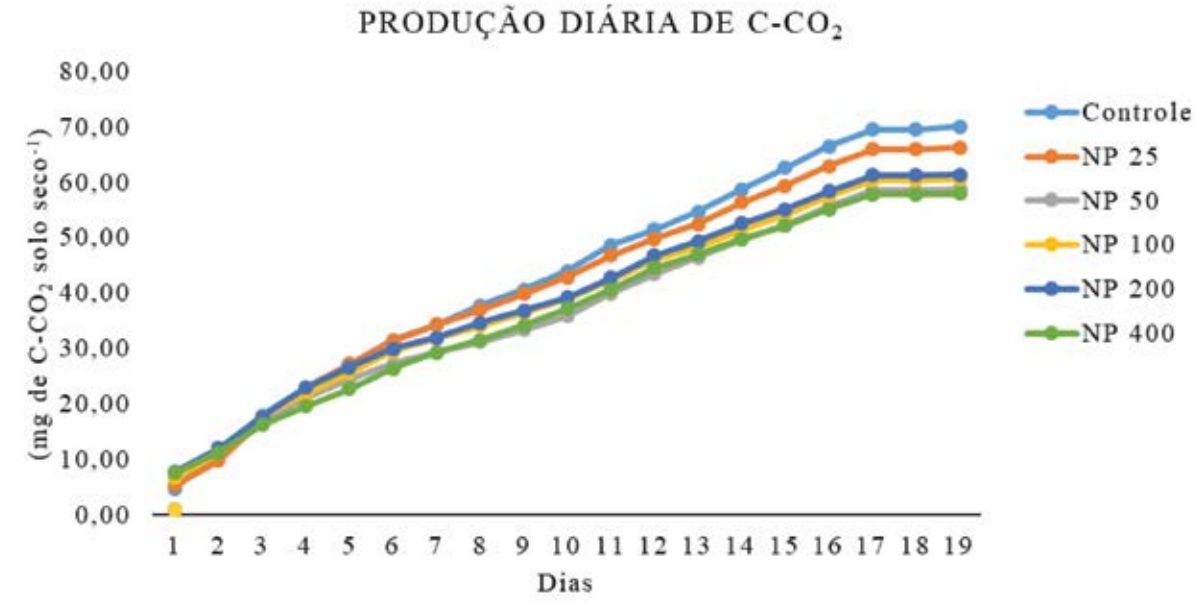



Figura 2. Avaliação diária da atividade microbiana dada pela respiração basal do solo (RBS) em Latossolo Vermelho distrófico na presença de nanopartícula de MgO (NP-MgO) nas doses 0 (Controle), 25 (NP25), 50 (NP50), 100 (NP100), 200 (NP200) e 400(NP400) mg de Mg $kg^{-1}$ de solo, no tempo sessenta dias de incubação (T60).

Seção 2

# Educação em solos / Solo, ambiente e sociedade



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# A ciência do solo nos projetos acadêmicos curriculares de Agronomia das instituições estaduais de ensino superior públicas do Brasil

Silvana Campos Rocha[1]

[1]Estudante, Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, km 16 - Salobrinho, Ilhéus-BA, 45662-900, agrosilrc@gmail.com;

## INTRODUÇÃO

Uma educação de qualidade pode refletir em uma elevação do espírito crítico e o fortalecimento do compromisso para transformar a realidade social; como na possibilidade de aquisição de uma cultura cientifica ou literária; ou, ainda, na capacidade de domínio eficaz dos conteúdos previstos nos planos curriculares. Sendo assim, de acordo com Davok (2007), no extremo dos sistemas educacionais, uma variedade de interpretações podem ser admitidas para a expressão "Qualidade em Educação", dependendo, assim, do que esses sistemas devem proporcionar a sociedade.

Isto posto, segundo Dias e Ketzer (2007), o processo de ligação entre as disciplinas, a realidade social sintonizada com a formação, à perspectiva de um constante desenvolvimento educativo, à articulação teoria-prática, o triplo dispositivo indissociável do ensino, da pesquisa e da extensão devem ser promovidas pelo currículo, o qual, neste sentido, possui o encargo de prever e responder às mudanças que ocorrem nos processos sociais e no mundo científico, assim, o currículo, mediado pelo professor e pelo aluno, deve constituir um conjunto de atividades planejadas para o processo formativo.

Em 1996 foi aprovada uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), possibilitando autonomia às Instituições de Ensino Superior na concepção dos currículos de seus cursos de graduação. Para isto, as Diretrizes Curriculares Nacionais instituídas para cada curso devem ser seguidas, para a elaboração dos currículos, de acordo com a Lei. Assim, em 2006, foram instituídas as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia/Agronomia, conforme Resolução CNE/CES nº 1, de 02 de fevereiro de 2006, sinalizando quais os componentes curriculares devem ser contemplados, englobando a organização do curso, o projeto pedagógico e outros tópicos abordados no (Art. 2º).

Deste modo, objetivou-se neste estudo analisar as disciplinas que estão nos Projetos Acadêmicos Curriculares (PAC), dos Cursos de Agronomia, vinculadas a Ciência do Solo nas Instituições Estaduais de Ensino Superior no Brasil, além de construir um comparativo das

informações que se encontram nos PAC entre os cursos.

Há relação entre esse trabalho desenvolvido e outros publicados, tais como as pesquisas dos autores: Rezende (2012), Mendes et al. (2010) e Costa (2011).

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, as atribuições e habilidades do agrônomo, foram fundamentadas por recurso da RESOLUÇÃO Nº 1.010, DE 22 DE AGOSTO DE 2005, a qual disponibiliza a regulamentação de competências de títulos profissionais e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, com o intuito de fiscalização do exercício profissional. Como também, através das Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de graduação em Engenharia Agronômica ou Agronomia, disponibilizadas na RESOLUÇÃO Nº 1, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2006. Para início do estudo fez-se a relação de todas as IES estaduais do Brasil que ofertam o curso de agronomia. Destas, foram definidas aquelas que possuíam em seus sites as informações referentes: creditação, matérias da grade de solos, carga horária e semestre que são ofertadas. Foram selecionadas 10 (dez) universidades estaduais, por estas apresentarem tais informações completas nas páginas iniciais de seus sites, das 47 (quarenta e sete) IES estaduais pesquisadas. Para tabulação dos dados utilizou-se o software Microsoft Excel 2010.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebeu-se por meio da pesquisa que, duas IES estaduais possui menor número de disciplinas em sua grade de solos, menor média de creditação e menor carga horaria dentre as demais analisadas. Sendo estas, UEMASUL (Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão) e UERGS (Universidade Estadual do Rio Grande do Sul), possuindo, igualitariamente, cada uma, o total de 240 horas de Carga Horaria, o somatório de 16 créditos e 4 disciplinas. No projeto pedagógico da UEMASUL, as disciplinas da grade de solos são denominadas: Gênese Morfologia e Classificação do Solo, Física do Solo, Fertilidade do Solo e Aptidão, Manejo e Conservação do Solo. Ao passo que, a UERGS, possui as disciplinas de Introdução a Ciência do Solo, Biologia do Solo, Fertilidade do Solo e Manejo e Conservação do Solo. Por outro lado, na UNESP (Universidade Estadual Paulista), a grade de solos possui maior número de disciplinas, totalizando 6 no total e também maior carga horária, apresentando em seu somatório 360 horas totais. São denominadas Geologia Agrícola, Solos, Fertilidade do Solo, Gênese e Classificação do Solo, Geotecnologias e Manejo e Conservação do Solo, se enquadrando assim, no Núcleo de Conteúdos Essenciais. Verificou-se que todos os cursos de Agronomia apresentam em sua grade curricular disciplinas da área de solos, ofertadas, em sua maioria a partir do 2° e/ou 3° semestres, possuindo em média 60 horas de carga horária, e, de maneira geral, média de 5 disciplinas, dispondo de 3 a 4 créditos.

Na **Tabela 1**, pode se observar que nos Projetos Acadêmicos Curriculares (PAC) de Agronomia, a Ciência do Solo, nas instituições de ensino superior públicas e estaduais do Brasil sugere em sua maioria, que os cursos abordem as temáticas: fertilidade, manejo, conservação, física, química, gênese, morfologia e classificação dos solos. A RESOLUÇÃO Nº 1.010, DE 22 DE AGOSTO DE 2005 do Confea e a RESOLUÇÃO Nº 1, DE 2 DE FEVEREIRO DE 2006 da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação são os documentos oficiais demarcadores que vão guiar as habilidades e competências dos agrônomos no Brasil. A resolução 1.010 define as atividades atribuídas aos agrônomos, sendo estas: Gestão, supervisão, coordenação, orientação

técnica; Coleta de dados, estudo, planejamento, projeto, especificação; Estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental; Assistência, assessoria, consultoria; Vistoria, perícia, avaliação, monitoramento, laudo, parecer técnico, auditoria, arbitragem; Direção de obra ou serviço técnico; Desempenho de cargo ou função técnica; Treinamento, ensino, pesquisa, desenvolvimento, análise, experimentação, ensaio, divulgação técnica, extensão; Execução de obra ou serviço técnico; Fiscalização de obra ou serviço técnico; Condução de serviço técnico; Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção; Execução de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção; Operação, manutenção de equipamento ou instalação; Elaboração de orçamento; Padronização, mensuração, controle de qualidade; Produção técnica e especializada; e Execução de desenho técnico. Já a resolução CNE/CES nº 1, de 02 de fevereiro de 2006, publicada no DOU nº 25, Seção I, em 03 de fevereiro de 2006, sendo composta por 13 (treze) artigos institui as Diretrizes Curriculares para o Curso de Engenharia Agronômica ou Agronomia (Brasil, 2006) a serem observadas pelas instituições de ensino superior do país (Art. 1º), assim, os currículos oferecidos pelas instituições que são expressos nos Projetos Pedagógicos de cursos (PCC) asseguram a qualidade da formação dos profissionais, conforme está previsto nos Art. 2º e 3º. As Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia/Agronomia indica os itens curriculares que devem ser contemplados, abrangendo: 1- a organização do curso; 2- os conteúdos curriculares; 3- o perfil desejado do formando; 4- o acompanhamento e a avaliação; 5-o projeto pedagógico, o estágio supervisionado, as atividades complementares; 6- as competências e habilidades; e 7- o trabalho de curso (Art. 2º). Para o curso de Agronomia, as Diretrizes Nacionais, fazem referência a solos em três itens, sendo eles:

A) Princípios que devem sustentar as ações pedagógicas como conservação e recuperação da qualidade do solo, do ar e da água. B) Competências e Habilidades a desenvolver e realizar vistorias e perícias, promovendo a conservação e/ou recuperação da qualidade do solo, do ar e da água. C) Estabelecimento dos Núcleos de Conteúdo Profissionais Essenciais aonde aparecem os tópicos de Solos, Manejo e Conservação do Solo e da Água, Nutrição de Plantas e Adubação. Posto isto, de acordo com Ceretta, Anjos e Siqueira, (2008), o trabalho com o solo e a água, com fins de produção, qualidade, sustentabilidade e preservação do ambiente, exige interdisciplinaridade. Assim, as Diretrizes possibilitou a implementação de interdisciplinaridade e experiências inovadoras, possibilitando aos estudantes a compreensão, a integração e a associação dos conhecimentos, no decorrer do curso, o que vai de oposto à tradicional estrutura de disciplinas organizadas por meio de grade curricular.

Deste modo, certificou-se que os projetos acadêmicos curriculares não abordam as temáticas que envolvem a Ciência do Solo de forma globalizante, embasado, nos documentos oficiais e conteúdos apresentados nos PAC dos cursos das instituições analisadas, sabendo que os conteúdos e disciplinas apresentadas nos projetos são trazidos de forma segmentada e por meio do aprendizado acurado visando uma eficaz formação do futuro agrônomo.

## CONCLUSÕES

Verificou-se, fundamentado pela regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais, que existe uma exiguidade em relação ao tempo cabal para a contemplação dos conteúdos em atendimento às habilidades e

competências do Agrônomo estabelecidas pelas Diretrizes, uma vez que, foi possível constatar que todos os cursos de Agronomia apresentam em sua grade curricular disciplinas da área de solos, ofertadas, em sua maioria a partir do 2° e/ou 3° semestres, possuindo em média 60 horas de carga horária, e, de maneira geral, média de 5 disciplinas, dispondo de 3 a 4 créditos.

## REFERÊNCIAS

DAVOK, D. F. Qualidade em educação. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), Sorocaba, v. 12, n. 3, p. 505-513, set. 2007.

DIAS, A. M. I.; KETZER, S. M (Orgs.). Memória do ForGRAD: 20 anos do Fórum Nacional de Pró-reitores de Graduação das Universidades Brasileiras-Unidade na Diversidade. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 327 p.

CERETTA, C. A.; ANJOS, L. H. C.; SIQUEIRA, J. O. A pós-graduação em ciência do solo no Brasil: evolução e tendências. Revista Brasileira de Pós-Graduação-R.B.P.G., Brasília, v. 5, n. 9, p. 7-35, 2008.

BRASIL. Ministério da educação. Conselho nacional de educação. Câmara de educação superior. Resolução nº 1, de 2 de fevereiro de 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces01_06.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2020.

CONFEA. Legislação. Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=550>. Acesso em: 07 ago. 2020.

MENDES, A. R.; SODRÉ, G. A.; OLIVEIRA, G. A. de; ALMEIDA NETO, J. A. de; OLÍMPIO DE SOUZA JÚNIOR, J.; SAMPAIO, L. A. G.; FERREIRA DA SILVA JÚNIOR, M. Atualização do projeto pedagógico do curso de Agronomia. Disponível em: <http://www.uesc.br/cursos/graduacao/bacharelado/agronomia/arquivos/pac_agronomia_2010.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2020.

REZENDE, L. A. Componentes curriculares da área de solos e ambiente nos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia agronômica/agronomia. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100811/rezende_la_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 ago. 2020.

COSTA, H. S. Cursos de agronomia na Amazônia: condições de oferta, desempenho e adequação. Disponível:<http://www.bdigital.unal.edu.co/6396/2/9789587610260.pdf?#page=78>. Acesso em: 07 ago. 2020.

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponivel:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 07 ago. 2020.

Tabela 1 – Relação de matérias da área de solos por semestre, com respectivas cargas horárias e creditação nos cursos de Agronomia das IES estaduais do Brasil.

| IES | Possui a matéria | Nome da matéria | Semestre | Carga Horária | Créditos |
|---|---|---|---|---|---|
| UESC | Sim | Pedologia | 2 | 75h | 4 |
| | | Mineralogia e Química do Solo | 3 | 45h | 2 |
| | | Física do Solo | 4 | 60h | 3 |
| | | Fertilidade do Solo | 5 | 60h | 3 |
| | | Manejo e Conservação de Solo e Água | 6 | 60h | 3 |
| UEMASUL | Sim | Gênese Morfologia e Classificação do Solo | 4 | 60h | 4 |
| | | Física do Solo | 5 | 60h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo | 5 | 60h | 4 |
| | | Aptidão, Manejo e Conservação do Solo | 6 | 60h | 4 |
| UNITINS | Sim | Gênese e Classificação dos Solos | 3 | 60h | 4 |
| | | Física do Solo | 4 | 60h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo e Adubação de Plantas | 5 | 60h | 4 |
| | | Aptidão Agrícola e Uso do Solo | 6 | 60h | 4 |
| | | Manejo e Conservação do Solo e da Água | 7 | 60h | 4 |
| USP | Sim | Geologia Aplicada a Solos | 2 | 30h | 2 |
| | | Química e Fertilidade do Solo | 3 | 60h | 4 |
| | | Física do Solo | 3 | 30h | 2 |
| | | Biologia do Solo | 4 | 30h | 2 |
| | | Gênese Morfologia e Classificação de Solos | 4 | 60h | 4 |
| | | Tecnologia do Solo | 8 | 60h | 4 |
| UNESP | Sim | Geologia Agrícola | 2 | 60h | 4 |
| | | Solos | 3 | 60h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo | 4 | 60h | 4 |
| | | Gênese e Classificação do Solo | 5 | 60h | 4 |
| | | Geotecnologias | 5 | 60h | 4 |
| | | Manejo e Conservação do Solo | 9 | 60h | 4 |
| UEM | Sim | Química e Mineralogia do Solo em Sistemas Agrícolas | 1 | 51h | 4 |
| | | Classificação de Solos e Geoinformática Aplicada a Agronomia | 2 | 68h | 4 |
| | | Adubos e Adubação de solos | 3 | 51h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo | 3 | 51h | 4 |
| | | Manejo e Conservação do Solo | 4 | 51h | 4 |
| UEPG | Sim | Fundamentos da Ciência do Solo | 1 | 68h | 2 |
| | | Fertilidade Solos e Adubação | 3 | 102h | 3 |
| | | Gênese e Morfologia do Solo | 2 | 51h | 3 |
| | | Classificação e Levantamento de Solos | 2 | 68h | 4 |
| | | Conservação do Solo e da água | 4 | 51h | 3 |
| UENP | Sim | Geologia | 1 | 30h | 1 |
| | | Pedologia | 2 | 90h | 3 |
| | | Química e Física do Solo | 3 | 120h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo e Adubação | 3 | 60h | 2 |
| | | Manejo e Conservação do Solo e Água | 3 | 60h | 2 |
| UERGS | Sim | Introdução a Ciência do Solo | 3 | 60h | 4 |
| | | Biologia do Solo | 5 | 60h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo | 6 | 60h | 4 |
| | | Manejo e Conservação do Solo | 7 | 60h | 4 |
| UDESC | Sim | Ciência do Solo | 3 | 72h | 4 |
| | | Fertilidade do Solo | 4 | 54h | 6 |
| | | Biologia do Solo | 5 | 72h | 4 |
| | | Uso e Conservação do Solo | 5 | 90h | 5 |

Fonte: Dados da pesquisa.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise de artigos da Educação em Solos no Brasil no período de 1998 a 2020

Erick Vinicius Paraguaio[1]; Selma Barbosa Bastos[2]; Marcelo Ricardo de Lima[3]

[1]Estudante do Curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba-PR, 80035-050, erick.agrofox@gmail.com; [2]Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná; [3]Docente do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná.

## INTRODUÇÃO

A Educação em Solos (ES) é uma área da Ciência do Solo que busca desvelar o sentido das relações estabelecidas entre o sujeito e o solo em seus contextos, lugares e territórios. Enquanto processo educativo, tem por intencionalidade formar e transformar os sujeitos, ressignificando seus valores e atitudes, para comportamentos e ações conscientes como o solo (BASTOS, 2019).

A tomada de consciência pela comunidade científica e acadêmica em relação a ES é recente, embora a intenção por esta área tenha surgido em 1947 com a criação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). A legitimação da ES dentro da SBCS é construída a partir da promoção de eventos, da criação de uma revista e de uma comissão específica, as quais abriram possibilidades para o diálogo entre os pares, criação de acervos e desenvolvimento de técnicas e ferramentas próprias (SILVA et al., 2018). Atualmente, na SBCS a ES está inserida na Comissão V, denominada Educação e Percepção Pública dos Solos, e apresenta um caráter multidisciplinar em termos de temáticas abordadas em suas produções.

Toma (2019) ao analisar 107 artigos associados a esta comissão identificou cinco temas de pesquisa: revisão sobre Educação em Solos; percepção pública do solo; tema solos nos currículos, bibliografias e avaliações; ensino e aprendizagem sobre o tema solo; docência e formação docente sobre o tema solo.

Sendo a ES uma área autônoma da Ciência do Solo, é necessário analisar sua produção científica de forma individualizada. Neste contexto, a análise bibliométrica emerge enquanto metodologia capaz de analisar multitemporalmente a produção científica na área, uma vez que possibilita a aplicação de métodos qualitativos e quantitativos capazes de mensurar, caracterizar e qualificar a produção acadêmica (PIMENTA et al., 2017).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi analisar os artigos de Educação em Solos no Brasil publicados no período de 1998 a 2020, a fim de identificar as concepções teóricas, os aspectos metodológicos e os contextos de desenvolvimento das pesquisas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado foi o método misto, o qual consiste em combinar métodos ou abordagens qualitativas e quantitativas (ALMALKI, 2016; SCHOONENBOOM; JOHNSON, 2017). A metodologia adotada foi a análise bibliométrica, a qual permite examinar a conexão entre conceitos de uma obra literária e fornecer dados quantitativos sobre a estrutura e características de uma área do conhecimento (CHUEKE; AMATUCCI, 2015; PIMENTA et al., 2017; FERNANDES et al., 2019). Utilizou-se como base de dados o Catálogo de Artigos de Educação em Solos no Brasil que reúne resumos de 151 artigos da área da ES publicados no Brasil no período de 1998 ao primeiro semestre de 2020 (LIMA et al., 2020a).

Os resumos dos artigos foram inicialmente agrupados em um único arquivo, adequados textualmente e submetidos à análise textual lexicográfica, sendo a ferramenta utilizada o software gratuito *Interface de R pour Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionneires* (IRAMUTEQ) (RATINOUD, 2009), versão 0.7 alpha 2. Este software categoriza os dados textuais a partir da semelhança dos seus vocábulos, permitindo a compreensão do contexto de sentido das palavras e a indicação de elementos que representem o objeto de estudo (COSTA et al., 2016; FERNANDES et al., 2019). Utilizou-se a Classificação Hierárquica Descendente como método de tratamento dos dados, considerando os valores padrões do software para as propriedades chaves.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do conteúdo dos 151 resumos dos artigos analisados, gerou-se quatro classes de palavras referentes ao conteúdo total: Classe 1 (32,9%), Classe 2 (20,7%), Classe 3 (23,7%) e Classe 4 (22,7%) (Figura 1). Estas classes demonstram aspectos teóricos, metodológicos e o contexto de desenvolvimento das pesquisas.

A Classe 1 está relacionada a metodologia de pesquisa, porque as palavras que a compõe remetem a aspectos metodológicos comuns na área, como o uso de questionários para coleta de dados. Geralmente esta ferramenta é utilizada para avaliar o conhecimento de alunos que participaram de atividades didáticas, aulas e oficinas sobre o solo na Educação Superior e Educação Básica (BATISTA et al., 2016; BOTELHO et al., 2019), e avaliar o conhecimento de professores após cursos de formação continuada (PINTO SOBRINHO, 2005; VILAS BÔAS et al., 2014).

A finalidade da ES foi representada na Classe 2, evidenciando-a como um processo voltado à valorização e a conservação do solo. Esta concepção é bastante difundida na literatura brasileira e internacional (BASTOS, 2019), e pode ser entendida como uma herança da Ciência do Solo.

A Classe 3 evidenciou que os artigos apresentam uma visão sistêmica do solo, como pode ser percebido pelas palavras: ecossistema, paisagem, vida, natureza, natural, vivo e equilíbrio. Esta visão enfoca o papel do solo no funcionamento dos ecossistemas (VEZZANI, 2015), a qual tem sido adotada pela Ciência do Solo, especialmente na ES.

A Classe 4 refere-se ao contexto educativo de desenvolvimento das pesquisas. As palavras dessa classe estão relacionadas a Educação Superior, principalmente em instituições federais e estaduais, especificamente ao Ensino de Solo nos cursos de Geografia e Agronomia e na extensão universitária. A presença de disciplinas como Pedologia na grande curricular desses cursos (SILVA; RIBEIRO, 2004; BATISTA et al., 2016) pode justificar o interesse de graduandos e docentes a pesquisarem temáticas relacionadas a ES nos diferentes níveis educativos. Por outro

lado, as dezenas de projetos e programas de extensão universitária (LIMA et al., 2020b) também têm contribuído para consolidar a área. Ressalta-se que a extensão integra o ensino e a pesquisa, em um processo interdisciplinar, que promove a interação transformadora entre a Universidade e a sociedade (FORPROEX, 2007).

## CONCLUSÕES

Os artigos de Educação em Solos no Brasil, publicados no período de 1998 a 2020, apresentam uma visão sistêmica do solo, utilizam o questionário como principal instrumento de coleta de dados, consideram a conservação do solo como a principal finalidade da Educação em Solos, e são desenvolvidos no contexto da Educação Superior, sobretudo nos cursos de Geografia e Agronomia e através de projetos e programas de extensão universitária.

## REFERÊNCIAS

Almalki S. Integrating quantitative and qualitative data in mixed methods research-challenges and benefits. Journal of Education and Learning. 2016;5:288-296.

Bastos SB. Estudo do curso de solos do "Programa Solo na Escola/UFPR" para a formação de professores da Educação Básica [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2019.

Batista IS, Silva RQ, Araújo IS, Batista IS, Lima ZMC. Práticas para aprimorar o ensino da disciplina de Pedologia. Revista de Geociências do Nordeste. 2016;2:1391-1400.

Botelho JS, Marques JDO, Oliveira ANS. Experimentos em laboratório para o ensino sobre solos na disciplina de geografia. Revista de Estudos e Pesquisas Sobre Ensino Tecnológico. 2019;5:228-248.

Chueke GV; Amatucci M. O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum. Internext. 2015;10:1-5.

Costa TD, Salvador PTCO, Rodrigues CCFM, Alves KYA, Tourinho FSV, Santos VEP. Percepção de profissionais de enfermagem acerca da segurança do paciente em unidades de terapia intensiva. Rev. Gaúcha de Enferm. 2016;37:1-7.

Fernandes RAS, Queiroz AO, Wilmers JTAVL, Hoffmann WAM. Urban governance in Latin America: bibliometrics applied to the context of smart cities. TransInformação. 2019;31:1-11.

Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas. Extensão Universitária: organização e sistematização. Belo Horizonte: Coopmed; 2007.

Lima MR, Knopki AVG, Pires KH, Staben LA, Araújo MF, Sant'ana SP, organizadores. Catálogo de artigos de Educação em Solos no Brasil. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola; 2020a.

Lima MR, Vezzani FM, Silva V, Muggler, CC, organizadores. Iniciativas de educação em solos no Brasil. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2020b.

Pimenta AA, Portela ARMR, Oliveira CB, Ribeiro MR. A bibliometria nas pesquisas acadêmicas. Scientia. 2017;4:1-13.

Pinto Sobrinho FA. Educação em solos: construção conceitual e metodológica com docentes da educação básica [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2005.

Ratinaud P. IRAMUTEQ: Interface de R pour les analyses multidimensionnelles de textes et de questionnaires [Computer software]. 2009. Disponível em: http://www.iramuteq.org

Silva AC, Ribeiro ALS. A disciplina de Pedologia ministrada no curso de Geografia em diversas

cidades maranhenses por meio do PROCAD. Geografia. 2004;3:143-150.

Silva V, et al. Análise bibliométrica da produção acadêmica na área de Educação em Solos no período de 1977 a 2016: Etapa I. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Educação em Solos; maio 2018; Dois Vizinhos. Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2018. p.82-85.

Schoonenboom J, Johnson RB. How to construct a mixed methods research design. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 2017;69:107-131.

Toma MA. Exposição "O valor da Terra": diálogos entre a Educação em Solos e a Museologia numa perspectiva crítica [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2019.

Vilas Bôas RC, Nascimento Junior AF, Moreira FMS. Microbiologia do solo em curso de formação continuada de professores de Biologia do ensino médio. Revista Ciências & Ideias. 2014;5:51-66.

Vezzani FM. Solos e serviços ecossistêmicos. Revista Brasileira de Geografia Física. 2015;8:673-684.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise De Solo Em Propriedades Da Região Serrana E Do Planalto Médio Do Rio Grande Do Sul

Vanessa Battistella[1]; Lucas André Riggo Piton[2]; Luana Dalacorte[3]

[1]Acadêmica do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau, Av. Julio Borella, 1968, Centro, Marau - RS, vanessabattistela@cesurg.com; [2]Acadêmico do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau; [3]Docente do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau.

## INTRODUÇÃO

As características químicas e físicas do solo apresentam variabilidade espacial como consequência de processos pedogenéticos (MAUSBACH; WILDING, 1991). Essas características se manifestam nas direções horizontal e vertical, mas podem ser alteradas pelas ações antrópicas, mediante o uso e manejo do solo (JAMES; WELLS, 1990).

O solo é um recurso natural, de grande importância para a sustentabilidade ambiental, alguns atributos são muitos sensíveis às alterações e manejos realizados nos solos, entre eles a densidade do solo, porosidade, estabilidade de agregados e análise da fertilidade (ALCARDE, 1998). O Brasil se destaca na produção agrícola, por conter um solo fértil, porém para sua manutenção, são necessárias análises de características como a granulometria e a composição química do mesmo (OLIVEIRA, 2013).

A análise de solo é uma prática recomendada a fim de proporcionar ao produtor melhor tomada de decisão. Este é o método mais antigo e tradicional usado para a avaliação da fertilidade do solo, é a partir deste que são feitas as recomendações adequadas de adubação e correção de uma propriedade, visando a otimização da área produtiva.

A análise de solo, apesar de sua importância, não é executada em todas as áreas agrícolas, conhecer quais são os fatores que dificultam a utilização de análises de solo pelo produtor, poderá fornecer informações relevantes para a recomendação técnica no campo. O objetivo do trabalho é avaliar a utilização da análise física e química de solo pelos produtores rurais da Região Serrana e Planalto Médio do Rio Grande do Sul e verificar quais são os principais problemas encontrados no momento da execução das análises de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de questionário, onde foram coletados dados de 47 produtores que residem em diferentes localidades dos municípios de Casca, Santo Antônio do Palma, Marau, Paraí, Serafina Corrêa, São Domingos do Sul, Vila Maria, Muçum e Vespasiano Corrêa, todas pertencentes ao estado do Rio Grande do Sul.

A pesquisa de campo foi realizada no período de abril a outubro de 2017, o questionário

foi aplicado aos produtores de forma individual, sendo formado por 11 questões:

1) O produtor realiza análise de solo e em quais culturas?

2) Qual o tipo de análise de solo você realiza e qual a frequência?

4) Quem faz a coleta de solo?

5) Em quantos pontos é realizada a coleta para obter uma amostra?

6) Qual a profundidade de coleta do solo?

7) Qual o principal instrumento utilizado na coleta?

8) O produtor reconhece a importância da análise de solo?

9) Quem faz a interpretação dos resultados da análise de solo para o produtor?

10) O produtor segue as recomendações técnicas após a interpretação da análise? Ou seja, realiza adubação e calagem segundo a análise?

11) Após adotar a análise de solo a produtividade aumentou?

As respostas dos produtores foram transformadas em porcentagens, onde foi gerado um gráfico para cada questão aplicada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram entrevistados 47 produtores rurais, escolhidos aleatoriamente que residem em municípios localizados na área de transição entre a Região Serrana e o Planalto Médio do Rio Grande do Sul - Brasil. Dos 47 produtores entrevistados, apenas um produtor diz não realizar análise de solo.

Para os 46 produtores entrevistados, a adoção da análise é realizada em áreas de cultura de lavoura, provavelmente por ser a atividade agrícola mais utilizada na região estudada. Foi possível identificar que 80% dos produtores entrevistados realizam a análise de solo para mais de duas culturas. Já, os produtores que fazem para uma cultura o total são de 20% (Figura 1).

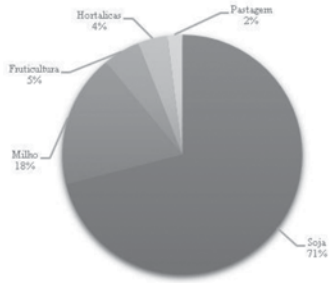



**Figura 1.** Uso agrícola das áreas onde os produtores realizam a análise de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A frequência de realização da análise química do solo foi de 38% realizada anualmente, 60% a cada dois anos, 2% a cada 3 ou mais anos (Figura 2). Provavelmente, a maior execução de essas análises serem a cada dois anos, se deve a validade bancária da análise química para custeio agrícola ser deste período.

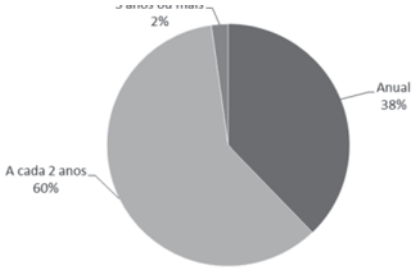



**Figura 2.** Frequência de realização da análise química de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Apenas 60% dos produtores entrevistados realizam a análise física de solo. A frequência da realização demonstra que 14% dos produtores realizam análise física anualmente, 18% a cada dois anos, 68% a cada três ou mais anos (Figura 3).

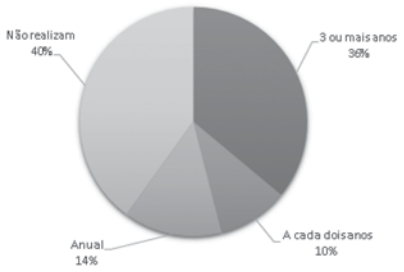



Figura 3. Frequência da realização da análise física, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A coleta do solo é realizada pelo produtor em 56% das propriedades estudadas, 4% coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo da Emater e 40% são coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo de empresa privada (Figura 4). O produtor é a pessoa que com maior frequência realiza a coleta de solo. Porém, problemas de amostragem podem ocorrer pela falta de orientação técnica, prejudicando, por exemplo, o número de subamostras, a contaminação de amostras ou o desconhecimento da profundidade de coleta.

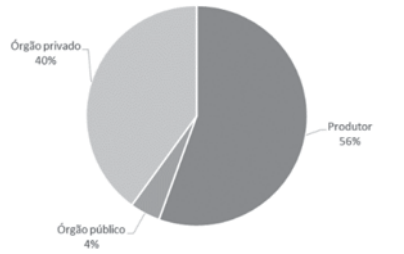



Figura 4. Responsável pela coleta da amostra de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Em relação ao número de subamostras para compor uma amostra, 49% dos produtores coletam solo em menos de 5 pontos, 24% entre 5 e 10 pontos e 27% em mais de 10 pontos (Figura 5). O baixo número de subamostras para compor uma amostra, demonstra a não representatividade correta do solo coletado. Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) quando o solo é amostrado ao acaso, os limites de inferência estatística são atendidos com a coleta de 10 a 20 amostras subamostras (15 em média). A aplicação localizada de fertilizantes nas linhas de semeadura aumenta a variabilidade horizontal dos valores de teor de nutrientes em solos com plantio direto, sobretudo no sentido perpendicular às linhas de semeadura. Isso é mais marcante para os nutrientes com baixa mobilidade no solo e maior efeito residual, como o P e o K (SALET et al., 1996; KRAY et al., 1998). Quando poucos pontos são amostrados, há maiores chances de erro nos resultados químicos que representam o local de cultivo.

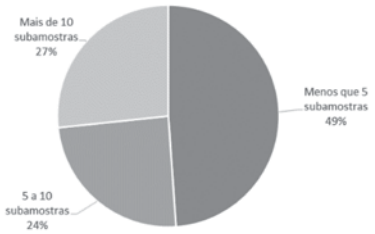



Figura 5. Quantidade de subamostras coletadas para compor uma amostra, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A avaliação da profundidade de coleta do solo demonstra que 75% dos produtores de soja e 50% dos produtores de milho optam por realizar a coleta de solo de 0-20 cm em áreas de plantio direto consolidado, sem estratificação desta profundidade (Tabela 1). A coleta de até 20 cm pode diluir o resultado químico destas amostras, considerando que as raízes em sua grande maioria estão presentes e absorvem os nutrientes dos primeiros 10 cm de profundidade. Considerando que adequada representatividade da amostra composta está diretamente relacionada com a qualidade das amostras simples (GUARÇONI et al., 2006), não somente o número de sub amostras é importante, mas também a profundidade

de solo coletada em cada ponto que irá compor a amostra representativa da área agrícola.

**Tabela 1.** Profundidades de coleta de solo realizadas nas culturas de soja, milho, horticultura, fruticultura e pastagem, Região Serrana e Planalto Médio do RS, 2017.

| Profundidade | Soja | Milho | Horticultura | Fruticultura | Pastagem |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | % | | |
| 0-10 cm | 25 | 50 | - | - | - |
| 0-20 cm | 75 | 50 | 100 | - | 100 |
| 0>20 cm | - | - | - | 100 | - |

Como instrumento de coleta, o uso da pá-de-corte foi de 38%, coleta com trado 42%, e com quadrículo ou trado mecanizado de 20% dos produtores (Figura 6). Percebe-se um avanço no uso de quadriciclos ou trados mecanizados na coleta de solo, permitindo mais agilidade e facilidade nesta atividade. O cuidado para evitar perdas de solo e representar adequadamente a camada amostrada é essencial, o trado caneca é um aliado nessa etapa, pois é provido de garras nas extremidades, não deixando o solo cair (SBCS, 2016).

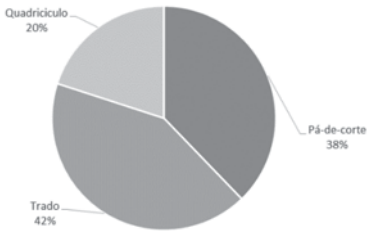



**Figura 6.** Instrumento utilizado para coleta das amostras de solo na Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Os resultados das análises são interpretados 31% por técnicos de órgãos públicos e 62% por técnicos da assistência privada, e 7% são interpretados pelo próprio produtor (Figura 7). Percebe-se que o maior responsável pela interpretação dos resultados é o profissional de órgãos privados, provavelmente pela procura do produtor, onde será realizada a compra de fertilizantes e corretivos.

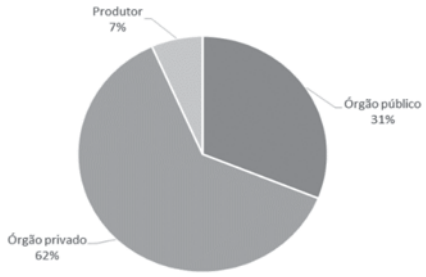



**Figura 7.** Interpretação da análise Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Todos os produtores rurais entrevistados que realizam análise dizem seguir as recomendações profissionais de adubação e calagem conforme a análise de solo, reconhecendo sua importância e identificando aumento de produção ou economia no momento da compra de corretivos e fertilizantes.

## CONCLUSÕES

A realização da análise de solo por produtores rurais da região de transição do Planalto Médio e Região Serrana em mais de 60% dos produtores rurais não é anual, apresentando carência da caracterização química para recomendação de corretivos e fertilizantes em áreas com cultivos agrícolas anuais.

Os principais problemas identificados na coleta e uso da análise de solo são:

- Realização de um baixo número de subamostras coletadas;
- Profundidade de coleta diferente da recomendação técnica em sistema plantio direto.

A conscientização de produtores rurais e a execução da coleta do solo ser realizada por técnico capacitado é fundamental para garantir resultados confiáveis da caracterização do solo.

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO: Coleta da amostra de solo Amostragem, interpretação, recomendação de calagem e adubação. Disponível em: http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20131111121702.pdf. Acesso em: 15 nov. 2016.

GUARÇONI M., A.; ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; CANTARUTTI, R.B.; LEITE, H.G. & FREIRE, F.M. Definição da dimensão do indivíduo solo e determinação do número de amostras simples necessário à sua representação. R. Bras. Ci. Solo, 30:943-954, 2006.

JAMES, D.W. & WELLS, K.L. Soil sample collection and handling: Technique based on source and degree of field variability. In: WESTERMAN, R.L., ed. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1990. p.25-44. (SSSA Book Series, 3)

KRAY, C.H.; SALET, R.L. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem do solo dirigida no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 6p. (Relatório de pesquisa)

MAUSBACH, M.J. & WILDING, L.P. Spatial variabilities of soils and landforms. Madison, Soil Science Society of America, 1991. 270p. (SSSA Special Publication, 28)

OLIVEIRA, G. Tipos de Solos Brasileiros, 2013, Disponível em http://www.estudopratico.com.br/tipos-de-solos-do-brasil/. Acesso em: nov 2016.

SALET, R.L.; KRAY, C.H.; FORNARI, T.G.; CONTE, E.; KOCHHANN, R.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos Expandidos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.74-76.

SBCS (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul. 2016. 11ª edição. Acesso em 15 nov. 2016

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Aprender Solos é Brincadeira! A Práxis do Uso do Lego® nas Aulas do Curso Técnico em Agropecuária

Márcio Luis Vieira[1]; Ana Sara Castaman[1]; Josimar de Aparecido Vieira[1]; Letícia Lanfredi[2]; Angélica Tommasini[3]; Luana Anchieta Rocha[3]; Everton de Matos[3]; Daniela Hoffmann[4]

[1]Professor(a) e Pesquisador(a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul- IFRS, Campus Sertão; RST 35 Km 25 – Distrito de Eng. Luiz Englert, Sertão, Rio Grande do Sul, CEP: 99170-000; e-mail: marcio.vieira@sertao.ifrs.edu.br/ana.castaman@sertao.ifrs.edu.br/josimar.vieira@sertao.ifrs.edu.br; [2]Estudante do Curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-IFRS, Campus Sertão; e-mail: letilanfredi@gmail.com; [3]Estudante do Curso de Pós-graduação em Teorias e Metodologias da Educação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-IFRS, Campus Sertão; e-mail: angelicatommasini1@gmail.com/luanaarch9@gmail.com/evermatos93@gmail.com; [4]Professora, Escola Municipal de Ensino Fundamental Cônego Stanislau Olejnik, Rua Guilherme Doege S/N, Bairro Monte Claro, Getúlio Vargas, Rio Grande do Sul, CEP: 99900-000; e-mail: dani.hoffmann@smecd.pmgv.rs.gov.br.

## INTRODUÇÃO

Para Santos e Belmino (2013), o uso de materiais didático-pedagógicos são estratégias que permitem maior flexibilidade, criatividade, dinamicidade, interação e comunicação no processo de ensino e aprendizagem, instigando a participação ativa do estudante. Os autores criticam os docentes que perpetuam o estilo de aulas tradicionais, uma vez que estes mantêm o ensino puramente verbalizado e não propiciam e incentivam uma experiência interativa e contextualizada em ambientes de ensino.

Neste contexto, os "Objetos de Aprendizagem (OA)" são definidos como materiais didático-pedagógicos, digitais ou não, que podem ser usados, reutilizados ou referenciados durante um processo de suporte tecnológico ao ensino e aprendizagem. Exemplos de objetos de aprendizagem abrangem conteúdos de aplicação multimídia, conteúdos instrucionais, objetivos de aprendizagem, ferramentas de software e software instrucional, pessoas, organizações ou eventos citados durante o processo de suporte da tecnologia ao ensino e aprendizagem (BALBINO, 2007).

Considera-se, aqui, que, segundo Carneiro e Silveira (2014) um OA precisa funcionar como um elemento facilitador do processo de ensino e aprendizagem. Logo, para que isso ocorra, ele deve explicitar seus objetivos pedagógicos e ser estruturado de tal forma que seja autocontido (no que se refere ao conteúdo abordado), permitindo ser reusado em outras atividades ou cursos, para além daquela ao qual foi projetado.

Fazendo-se uma analogia, pode-se enfatizar que os Objetos são como peças de Lego, divertidas e fáceis de manipular, podendo se encaixar em outras peças de maneira que quem decide as formas a dar é o usuário. Pode-se afirmar também que os OA não substituem ou minimizam o papel do professor. O professor é um dos protagonistas do processo, juntamente com os alunos, pois é ele quem vai escolher quais Objetos serão usados, visando a atingir um determinado

objetivo pedagógico. A tarefa de definir e escolher um objeto pode ser bastante versátil, já que esta ferramenta pode se adaptar às necessidades, habilidades, formação, nível, interesses e estilos de aprendizagem (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2019).

Hodgins (2002) foi o autor que trouxe a ideia dos blocos de LEGO™ para associar às possibilidades de uso como um OA, de acordo com as necessidades e as características do aprendiz. Diante desse conceito, o LEGO constitui-se como um OA.

De acordo com Costa (2017) quem acredita que o LEGO é um brinquedo destinado apenas às crianças está muito enganado, uma vez que de um tempo para cá, esta ferramenta tem sido empregada para a resolução de problemas empresariais, dentre outros. Isto se deve, em grande parte, ao fato de que o LEGO é uma peça genérica, que possibilita construções que estão limitadas a imaginação de quem a usa.

Fonseca (2013) reforça que ao despertar a curiosidade do estudante, por consequência, promove-se uma maior assimilação do conhecimento, estímulo ao trabalho em equipe e à interação. Esta pode ser considerada uma das principais vantagens do uso do LEGO® Education em sala de aula.

Assim, o objetivo deste artigo foi analisar a percepção dos estudantes acerca do uso de LEGO® Education como estratégia de ensino na Unidade Curricular de Manejo de Solos e Água, no Curso Técnico em Agropecuária, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em aplicar atividades pedagógicas embasadas na técnica do LEGO® *Serius Play*®, no componente curricular de Manejo de Solos e Água, no Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão, no primeiro semestre de 2019. Para a aplicação do OA foram observadas algumas etapas: escolha do tema a ser abordado na atividade (que foi definido como: "Pedogênese e Classificação do Solo"), seleção dos materiais a serem utilizados; desenvolvimento da atividade (averiguação dos conceitos prévios acerca do tema, listagem de termos, leitura do material planejado e aplicação da técnica). O estudo permitiu compreender questões inerentes à prática escolar cotidiana e ao redimensionamento do saber e do fazer docente, pela investigação das ações e das relações que configuram o dia-a-dia da sala.

As peças (em número de 1.000 e de diferentes cores e formas) do LEGO® foram distribuídas em uma mesa de aproximadamente 1,5 $m^2$ (**Figura 1**) e os estudantes distribuídos em grupos de seis pessoas. Cada grupo teve acesso para a retirada das peças que iriam utilizar durante o desenvolvimento da prática, bem como teve 20 minutos para discutir sobre o tema proposto e 20 minutos para construir um objeto com as peças do Lego® que demonstrasse ou exemplificasse a sua visão do referido tema (**Figura 2**). Após, 5 minutos por grupo para apresentar a turma o resultado final da atividade (**Figura 3**), explicando o significado de seu OA.



**Figura 1.** Disposição das peças do Lego®.
Fonte: Os autores (2019).



**Figura 2.** Montagem dos objetos. Fonte: Os autores (2019).

Na sequência da atividade foram analisadas as produções dos estudantes e para a avaliação do trabalho pedagógico realizou-se a coleta de dados. Aplicou-se um questionário com 13 perguntas fechadas (dicotômicas e de múltipla escolha). O questionário foi disponibilizado na forma física aos 112 alunos matriculados no componente curricular, após a aplicação da prática e 83 destes questionários retornaram preenchidos. Os dados foram analisados de acordo com a abordagem quantitativa do conhecimento.



**Figura 3.** Exemplo de objetos montados. Fonte: Os autores (2019).

O perfil dos respondentes foi composto de 48 estudantes do sexo masculino e 33 do feminino e dois preferiram não declarar, sendo que estes eram alunos do primeiro ano do curso. Como as questões foram fechadas, não houve necessidade de elencar categorias. Após coletar os dados organizou-se uma planilha no *software Excel*® e tabularam-se os resultados, a partir de percentuais. Na análise relacionaram-se as informações obtidas com o referencial teórico que serviu de base para a elaboração do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados prospectam de que os estudantes em sua maioria conheciam o LEGO®, já que 83,13% já tinha ouvido falar do brinquedo e 16,87% o desconheciam.

Em relação a terem tido contato com alguma técnica semelhante ao LEGO® Education, os dados indicam que 69,88% já tinham tido algum contato parecido com o brinquedo e 30,12% nunca tiveram contato.

Dos alunos questionados, 93,98% afirmaram que já tinham brincado com blocos para montar durante a sua infância e somente 6,02% não. Desta forma, percebe-se o amplo conhecimento desta técnica, mas somente como um simples brinquedo.

Quando arguidos a respeito do uso desta metodologia em sala de aula somente 1,20% afirmaram ter sido expostos à mesma, pois professores tinham utilizado esta técnica de aprendizagem em outras unidades curriculares do curso ou instituições de ensino e 98,80% nunca.

Dos respondentes 100% afirmaram que acharam divertido utilizar o LEGO® nas atividades pedagógicas, assim como ratificaram que as aulas tornaram-se mais atrativas com o uso do LEGO®, propiciando um melhor entendimento do conteúdo mediado em sala de aula.

Quando arguidos sobre a experiência em relação ao uso da metodologia LEGO® durante as aulas, 96,39% responderam que acharam muito interessante, sendo que somente 1,20% não con-

cordaram com a relevância do uso do objeto de aprendizagem.

Dos participantes do estudo, 91,57% acharam que a atividade teve desenvolvimento adequado e atingiu os objetivos pedagógicos propostos.

Em relação ao questionamento se a prática tinha colaborado para a atividade de raciocínio, 86,75% acham que contribuiu para o raciocínio. Quando perguntados se o LEGO® Education pode ser uma ferramenta que facilita o aprendizado, 97,59% declararam que sim.

No questionamento quanto a acreditar que o uso do LEGO® Education facilita na construção do conhecimento, 92,77% entendem que sim.

A partir da análise dos dados percebeu-se a positividade da utilização do LEGO® Education em sala de aula para fortalecer a aprendizagem dos estudantes, envolvendo-os na construção do conhecimento de modo inovador por meio de objetos de aprendizagem.

Desta forma, o retorno quanto ao uso desta proposta de trabalho é um dado valioso para analisar a aplicabilidade da atividade proposta.

Este fato é corroborado por Silva, Prates e Ribeiro (2016), que salientam ser imprescindível programar o uso das diferentes tecnologias no processo de ensino e aprendizagem, já que o docente confronta-se com um mundo tecnológico e necessita buscar novas possibilidades para a realidade no espaço educacional.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que os resultados indicaram ser relevante o uso da estratégia de ensino LEGO® Education, uma vez que melhorou a construção do conhecimento em sala de aula.

Apesar dos apontamentos positivos em relação à ação, se conhece os desafios teórico-práticos relacionados a esta estratégia de ensino, tais como, o treinamento dos docentes acerca da metodologia.

Propõe-se o uso da mesma em mais componentes curriculares do curso para a coleta de dados mais consistentes.

## REFERÊNCIAS

Balbino J. Objetos de Aprendizagem: Contribuições para sua genealogia. agosto, 2007. Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem. Disponível em:

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 jul. 2019.

Carneiro MLF, Silveira MS. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na educação a distância. Educar em Revista, Curitiba, Edição Especial n. 4, p. 235-260, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/er/nspe4/0101-4358-er-esp-04-00235.pdf>. Acesso em: 15 abril 2020.

Costa JC da. As quatro etapas que conduzem o método LEGO Serious Play. 2017. Disponível em: <https://administradores.com.br/noticias/as-quatro-etapas-que-conduzem-o-metodo-lego-serious-play>. Acesso em: 14 maio 2019.

Fonseca ASF. As estratégias evidenciais em material didático impresso para Ead. 2013. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8230 Acesso em: 02 maio 2020.

Hodgins HW. The future of learning objects. e-Technologies in Engineering Education: learning outcomes providing future possibilities. In: Lohmann J, Corradini M. (Eds.). ECI Symposium Series, Davos, v. P01, 2002. p. 76-82. Disponível em: <http://dc.engconfintl.org/etechnologies/11> . Acesso em: 12 mar. 2020.

Portal da Educação. O que são Objetos de Aprendizagem. 2019. Disponível em: <https://www.

portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/o-que-sao-objetos-de-aprendizagem/29154>. Acesso em: 30 jun. 2019.

Santos OKC, Belmino JFB. Recursos didáticos: uma melhoria na qualidade da aprendizagem. Anais do Fórum Internacional de Pedagogia, Vitória da Conquista, v.1, 2013. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/Trabalho_ Comunicacao_oral_idinscrito__fde094c18ce8ce27adf61aedf31dd2d6.pdf>. Acesso em: 02 maio 2019.

Silva ICS, Prates TS, Ribeiro LFS. As novas tecnologias e aprendizagem: desafios enfrentados pelo professor na sala de aula. Revista em Debate, Florianópolis, v. 15, p. 107-123, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emdebate/article/view/1980-3532.2016n15p107>. Acesso em: 06 agos. 2019.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação participativa de qualidade do solo em hortas de estudo no assentamento agrário Filhos de Sepé, Viamão, RS.

Fernanda Timm[1]; Laura Scolmeister Faneze[2]; Cássio Machado[2]; Tatiana da Silva Duarte[3]; Paulo César do Nascimento[4].

[1]Mestranda no Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre/RS, CEP 91540-000, e-mail: fernanda.timm@ufrgs.com; [2]Estudante de graduação, UFRGS; [4]Professora adjunta no Departamento de Horticultura e Silvicultura, UFRGS; [4]Professor associado no Departamento de Solos, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

As hortas orgânicas, no Assentamento Agrário Filhos de Sepé, localizado no município de Viamão/RS, se destacam no abastecimento de alimentos frescos e livres de agrotóxicos à região metropolitana de Porto Alegre. Têm um papel muito importante na permanência de trabalhadores e assentados na atividade agrícola. Porém, a maioria destas hortas enfrenta problemas produtivos, relacionados a condição edáfica dos solos do assentamento e ao cultivo intensivo deste sob produção de hortaliças.

O Planossolo é a classe de solo predominante no assentamento (NETO *et al.*, 2019). Estes solos caracterizam-se pelo alto teor de areia no horizonte A, seguido de um horizonte B plânico, que forma uma camada impermeável. Esta diferença textural abrupta entre os horizontes, confere uma característica física peculiar a estes solos, que é a saturação do solo, quando há excesso de água. Todavia, o horizonte A apresenta baixa capacidade de retenção da água (STRECK *et al.*, 2008). Essas características fazem com que essa classe de solo tenha uma aptidão regular para o desenvolvimento de culturas de sequeiro, como as hortaliças.

Além disso, a produção de hortaliças é uma atividade que provoca intensa degradação dos solos, devido ao constante revolvimento para formação dos canteiros associado ao ciclo curto de desenvolvimento das hortaliças. Com isso, é uma atividade com alta dependência de insumos externos, principalmente água, fertilizantes e agrotóxicos (CAIXETA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2014).

Visando mitigar esses problemas e garantir a sustentabilidade da produção de hortaliças, inicia-se uma pesquisa-ação entre estudantes e professores da Faculdade de Agronomia da UFRGS, juntamente com os agricultores, e propõe-se a implantação do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). A construção do SPDH se dá através de uma metodologia dialética participativa, por meio da interação entre os conhecimentos técnico-científico e os saberes tradicionais (Mason *et al.*, 2019). Além disso, o foco central do SPDH está na promoção de saúde do sistema produtivo, no qual a qualidade do solo é primordial para garantir a promoção de saúde das plantas (COMIN *et al.*, 2016).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação de qualidade do solo em

uma das hortas de estudo implantadas no assentamento Filhos de Sepé, através de uma metodologia participativa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em conjunto com os agricultores do assentamento agrário Filhos de Sepé, localizado no município de Viamão, foram implantadas duas hortas de estudo no assentamento. Em virtude das diferentes cotas em que se encontram as hortas, denominou-as de: (a) horta de estudo da parte de cima (Hcima); (b) horta de estudo da parte de baixo (Hbaixo).

Em maio de 2019, realizou-se uma oficina didática na Hbaixo para avaliação participativa da qualidade do solo através da metodologia de MESMIS (COMIN *et al.*, 2016). Nesta oficina, participaram estudantes e professores da UFRGS juntamente com agricultores(as) assentados(as). Abriu-se uma trincheira perpendicular ao sentido de semeadura, após, realizou-se a limpeza do perfil, **figura 1(A)**. E então, a avaliação participativa dos indicadores de qualidade propostos por Comin *et al.*, (2016), **figura 1(B)**.



**Figura 1.** **(A)** Abertura da trincheira para realização da metodologia de MESMIS para avaliação da qualidade do solo. **(B)** Preparação da avaliação do indicador de qualidade de desenvolvimento microbiológico. Assentamento Filhos de Sepé, Viamão/RS, 2019.

Cada agricultor(a) atribuiu uma nota de 1 a 10 para os indicadores diretamente relacionados ao perfil do solo: matéria orgânica, enraizamento, estrutura, compactação, umidade e macrofauna e, também, para os indicadores fora do perfil do solo: erosão e palhada presente no solo. A partir da média dessas notas, construiu-se no campo um diagrama, **figura 2**.



**Figura 2.** Construção do gráfico radar no campo, com os agricultores, a partir da aplicação da metodologia MESMIS. Assentamento Filhos de Sepé, Viamão/RS, 2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a avaliação participativa de qualidade do solo, utilizando o método MESMIS estão na **figura 3**. A escala de notas se dá do centro para fora do diagrama, sendo o ponto central a menor nota. Sendo assim, quanto mais aberto estiver o gráfico, melhores são as características do solo, conforme os indicadores trabalhados.

Solos com alto teor de areia, como os Planossolos, naturalmente possuem baixo teor de matéria orgânica (MO) (Streck *et al.*, 2008). Os agricultores após observação chegaram a essa mesma conclusão. A nota no diagrama MESMIS para MO foi baixa. O resultado da análise do solo corrobora com esta percepção, **tabela 1**.

A MO é o componente que está essencialmente relacionado à qualidade do solo, pois ela influencia diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (MIELNICZUK *et al.*, 2003; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Por isso, os resultados obtidos na avaliação nos indicadores

estrutura e compactação pode-se relacionar ao baixo teor de MO no solo avaliado.

A MO confere também maior estabilidade aos agregados do solo (Costa *et al.*, 2004). Logo, o baixo teor de MO associado ao fato de que as partículas de areia apresentam menor resistência à desagregação, levará a não formação de agregados estáveis (STRECK *et al.* 2008) ratificando a nota baixa que o indicador estrutura recebeu pelos participantes da avaliação. A agregação das partículas do solo influencia na sua estrutura, que por sua vez afeta a aeração, a capacidade de armazenamento e infiltração de água e a erodibilidade do solo (STRECK *et al.*, 2008). Outro ponto importante a destacar, é que a capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos deve-se aos minerais da fração argila e a MO. Consequentemente, nos solos arenosos a CTC é mais dependente da MO (STRECK e*t al.*, 2008). Explicando assim, os valores obtidos na análise de solo de 4,0 $cmol_c\ dm^{-3}$ e 2,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ nas camadas 0 -10 cm e 10 – 20 cm, respectivamente, **tabela 1**. Por isso, em solos arenosos, é ainda mais importante a manutenção de níveis elevados de MO e de cobertura vegetal.

Também, não foi observado pelos agricultores presença de compactação ao longo do perfil do solo. E isso, explica-se por trata-se de uma área nova que não recebeu intenso revolvimento do solo, bem como tráfego de máquinas, que poderiam acentuar a compactação do solo, além disso, por conta de a textura do solo ser muito arenosa há dificuldade em formar agregados. (STRECK *et al.*, 2004; RICHART *et al.* 2005). As notas para palhada e erosão, no momento da atividade foram altas, pois a área amostrada estava sob pousio com vegetação nativa e braquiária (*Brachiaria decumbens*), e por ocorrência do inverno, havia palhada na superfície. Portanto o solo não apresentava sinais de erosão por estar coberto com a palhada, ou seja, protegido dos impactos da gota da chuva.

A umidade do solo recebeu nota média, porque a análise foi feita no inverno, um período que por conta da elevada precipitação, naturalmente o conteúdo de água no solo é maior. A baixa presença de macro fauna é influenciada pela quantidade de MO (Vezzani; Mielniczuk, 2009), portanto poucos insetos foram encontrados no solo. Observou-se baixa quantidade de raízes, tendo em vista a baixa quantidade de plantas de cobertura atrelado ao recente revolvimento do solo e ao pousio, pois há a presença de poucas e geralmente as mesmas espécies, que acabam explorando as mesmas camadas do perfil do solo.




**Figura 3**. Resultado obtido através da metodologia de MESMIS aplicada na oficina didática na Hcima, no Assentamento Filhos de Sepe, Viamão, RS, 2019.

## CONCLUSÕES

Percebe-se que a forma com que os agricultores interagem e entendem as características do solo são diferentes da que os agrônomos ou o laudo de análise do solo faz, sempre focado para a fertilidade do solo.

Entretanto, todas as observações que os agricultores tiveram foram de acordo com o resultado do laudo de análise do solo.

**AGRADECIMENTOS**: As famílias do Assentamento Agrário Filhos de Sepé. Ao projeto "Segurança hídrica, energética e alimentar em

localidades de agricultura familiar na região metropolitana de Porto Alegre".

## REFERÊNCIAS


CAIXETA, RP; ALCANTARA,FA de; MADEIRA, NR; ABDALLA, RP. Perdas de água, solo, nutrientes e matéria orgânica em área cultivada em cebola sob diferentes sistemas de manejo do solo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 20p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

COMIN, JJ; FAYAD, JA. ; KURTZ, C. ; MAFRA, AL. Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). Open Brasil Gráfica e Editora. 2016. 12p.COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p.587-589, 2004.

MASSON, I; ARL, V; WUERGES, EW. Trajetória, concepção metodológica e desafios estratégico junto ao sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). In: FAYAD, JA; ARL, V; COMIN, JJ; MAFRA, MARQUESI, DR. (Orgs.). Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição para um novo modo de produção. 1.ed. São Paulo: Expressão popular, 2019. cap. 1, p. 25-37.

MIELNICZUK, J; BAYER, C.; VEZZANI, F M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 3, p. 209-248, 2003.

NETO AB; MARQUES, FC; NASCIMENTO, PC; BARROS, IBI; VODZIK, G; MENEZES, N; LIMA, PL. Entre" solos" e" terras": etnopedologia, assentamentos rurais e processos participativos. Sociedade & Natureza, v. 31, 2019.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLAN ILLO, RF.; FERREIRA, R. Compactaçõ do solo: Causas e efeitos. Semina, 26:321-344, 2005.

SOUZA, R.F.de; MADEIRA, N.R.; FIGUEIREDO, C.C.de. Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto. Científica, Goianésia, v.1, n.1, 2014.

STRECK, EV; KÄMPF, N; KLAMT, E; SCHNEIDER, P; NASCIMENTO, PC; GIASSON, E. Solos do Rio Grande do Sul. 2ª edição revisada e ampliada. EMATER/RS. Brasil, 2008.

STRECK, CA; REINERT, DJ; REICHERT JM; KAISER, DR. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. C i. Rural , 34:755-760, 2004.

VEZZANI, FM.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.


**Tabela 1.** Principais resultados da análise[1] de solo realizada a partir das coletas executadas no dia da oficina de qualidade do solo na Hbaixo. Camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Assentamento Filhos de Sepé, Viamão/RS, 2019.

| Camadas | Argila | pH $H_2O$ | P | K | MO | CTC | H+Al | Sat. bases |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | - | mg $dm^{-3}$ | mg $dm^{-3}$ | % | $cmol_c$ $dm^{-3}$ | $cmol_c$ $dm^{-3}$ | % |
| 0 - 10 cm | 8,0 | 5,7 | 18,0 | 64,0 | 0,8 | 4,0 | 1,6 | 61,0 |
| 10 – 20 cm | 8,0 | 5,5 | 11,0 | 28,0 | 0,2 | 2,5 | 1,4 | 44,0 |

[1]Análise realizada no Laboratório de Solos da UFRGS, Porto Alegre, RS, 2019.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Educação em solos: o projeto de extensão "A vida secreta do solo" no ensino à distância

Ana Paula Kroll[1]; Cibele Alice de Costa[2];
Daniel de Oliveira Garcia[3]; Júlia Carina Niemeyer[4]

[1]Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Rurais, Campus de Curitibanos, Rod. Ulysses Gaboardi, Km 3, Faz. Pessegueirinho, Curitibanos-SC, CEP 89520-000; [2]Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), email: cibeledecosta@gmail.com; [3]Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); [4]Docente, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

## INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural não renovável, complexo e heterogêneo, responsável por inúmeras funções ambientais, além de abrigar diversos organismos que contribuem com a prestação de serviços ecossistêmicos. Sendo um recurso dinâmico, também é suscetível à degradação, muitas vezes estreitamente ligada às atividades antrópicas que comprometem sua funcionalidade e biodiversidade (Muggler et al., 2006). Este é um tema de suma importância quando falamos da produção de alimentos e saúde ambiental. No entanto, a importância do ecossistema solo e suas múltiplas funções nem sempre é reconhecida pela sociedade. Muitos estudantes ignoram a importância do solo e seus organismos (Orgiazzi et al., 2016), o que indica uma lacuna entre o que é produzido pelas pesquisas científicas e as formas de difusão do conhecimento, seja pela divulgação científica ou pelos planos de ensino das escolas.

Diante destes desafios, surge a necessidade de iniciativas para promover o conhecimento e a conservação do solo, o que motivou a criação do projeto "A Vida Secreta do Solo". O projeto é voltado para o ensino fundamental, onde o papel das Ciências Naturais é o de colaborar para a compreensão do mundo e suas transformações, situando o homem como agente participativo, integrante e dependente da natureza que o cerca (Brasil, 1997).

Este projeto é uma continuação de ações que vêm sendo realizadas desde 2014 pelo Núcleo de Ecologia e Ecotoxicologia do Solo (NECOTOX), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Campus de Curitibanos, que iniciou trabalhando temas de Educação Ambiental, tendo como público-alvo turmas de ensino fundamental da rede pública, e abordando como tema principal a biodiversidade no solo. Além de conscientizar os estudantes sobre a importância do solo e da sua biodiversidade, e do papel do homem como transformador da realidade, o projeto também tem como objetivo aproximar a Universidade e a comunidade, oferecendo práticas de ensino que despertem o interesse científico dos estudantes e colaborem com a melhoria do ensino público.

Enquanto nas edições passadas as atividades eram desenvolvidas de forma presencial,

com a pandemia da Covid-19 em 2020, as atividades foram adaptadas para o ensino remoto, o que buscamos relatar neste resumo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto original contemplava visitas das Escolas à Universidade, com aulas práticas laboratoriais e de campo para despertar o interesse científico dos estudantes e auxiliar na aprendizagem das Ciências Naturais, no tema de biodiversidade no solo. No entanto, devido à ocorrência da pandemia de Covid-19 e suas implicações, a edição 2020 do projeto sofreu alterações e foi adaptada à nova realidade, sendo realizada de maneira virtual e contemplando etapas distintas. As atividades foram desenvolvidas considerando as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais e englobando atividades propostas pela *Global Soil Biodiversity Initiative* (iniciativa global de divulgação científica e educação ambiental voltada para a biodiversidade do solo), adaptadas de acordo com as necessidades das escolas participantes.

Primeiramente, foi contactada a Secretaria de Educação do município de Curitibanos- SC, a qual indicou o contato dos diretores das escolas. Este contato foi realizado via e-mail e mensagens de *WhatsApp*, onde foi apresentado o projeto e realizado o convite para participar. Com a confirmação por parte dos responsáveis, formamos grupos via *WhatsApp* com os professores e orientadores pedagógicos de cada Escola, onde realizamos reuniões virtuais para combinarmos as atividades.

A partir de revisões bibliográficas com enfoque em práticas pedagógicas e educação em solos, foram desenvolvidas atividades relacionadas a biodiversidade do solo, fauna edáfica e ciclagem de nutrientes, geração de resíduos e reciclagem. Foram produzidos roteiros e vídeos didáticos sobre os temas: biodiversidade do solo, ciclagem de nutrientes e compostagem em casa. Os vídeos foram produzidos pelos bolsistas do projeto, disponibilizados no canal do YouTube e compartilhados com os professores das Escolas participantes, os quais trabalharam os vídeos nas respectivas plataformas de ensino remoto.

Além dos vídeos, atividades complementares foram desenvolvidas, como cruzadinhas, caça-palavras, tarefas e perguntas para estimular a reflexão sobre os temas abordados nos vídeos. Essas atividades foram previamente discutidas com cada professor, os quais puderam sugerir alterações para melhor se adequar às necessidades das turmas e para englobar também outros temas já estudados.

Com uma das Escolas, participamos em uma aula virtual de forma síncrona por duas vezes. A primeira participação foi realizada para observar a prática pedagógica e a dinâmica da turma, além de apresentarmos o projeto, enquanto que a segunda participação foi uma aula interativa para discussão de uma atividade que envolvia observação da biodiversidade no solo, a qual os estudantes realizaram durante a semana, nos próprios quintais. Os estudantes foram estimulados a registrar suas observações em atividades de escrita, desenho ou vídeos para posterior discussão com o grupo.

Após cada atividade com as Escolas, foi avaliado o entendimento dos estudantes, em relação às temáticas abordadas e quanto à eficácia da metodologia aplicada para cada tema, a partir do que eles produziram (vídeos, fotos e desenhos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das reflexões iniciais e adaptações das atividades, foram produzidos os vídeos didáticos e as atividades para os estudantes, conforme pode ser observada na **Figura 1**. Até

o presente momento, quatro escolas estão desenvolvendo as atividades em parceria com o projeto. O retorno enviado pelos professores e estudantes das Escolas indicam que as atividades têm proporcionado a troca de conhecimentos entre os envolvidos, a discussão do tema e a divulgação científica, despertando a curiosidade de professores e alunos pelo tema da biodiversidade no solo.




**Figura 1**. Exemplos de materiais didáticos desenvolvidos pelos bolsistas para as ações de extensão. A) Caça-palavras sobre a biodiversidade do solo; B) Cruzadinha sobre ecossistemas; C) Vídeo didático sobre a fauna do solo; D) Vídeo didático sobre a destinação do lixo e a proteção do solo.

Discutiremos aqui sobre duas experiências com escolas públicas do município de Curitibanos - SC, que mantiveram o ensino a distância durante a pandemia e onde aplicamos o projeto. Outras duas escolas estão com os trabalhos em andamento.

Com a Escola Núcleo Municipal Rotary, trabalhamos os vídeos e tivemos participações síncronas em duas aulas sobre a temática de biodiversidade do solo. A partir da tarefa de observar os organismos de solo no jardim de casa, os estudantes do 3º ano tiveram grande participação nas aulas, relatando os organismos que observaram, inclusive relatando relações ecológicas entre a fauna edáfica (predadores e suas presas), a existência de estruturas biogênicas *(formigueiros, buracos de minhoca)*; a relação entre fatores bióticos e abióticos, como a maior concentração de matéria orgânica e maior abundância de organismos (*o solo mais escuro tinha mais minhocas* e *o solo mais úmido tinha mais bichos*), e relações planta-organismos de solo (*onde tem mais plantas e folhas, tem mais bichos*). Além de receber este retorno dos estudantes, discutimos acerca da importância ecológica de cada grupo de organismos observados, relacionando a biodiversidade do solo com a produção de alimentos e manutenção de um ambiente saudável. A tarefa de observar os organismos no jardim de casa, para então descrevê-los, permitiu aos estudantes uma experiência significativa de aprendizagem.

Com a turma do 5º ano do Núcleo Municipal do Campo Leoniza Carvalho Augostini, trabalhamos as temáticas da biodiversidade do solo e destinação do lixo orgânico, montagem de composteira e utilização do adubo para melhorar o solo. Posteriormente aos vídeos e atividades, recebemos fotos e vídeos produzidos pelos estudantes desta turma, os quais confeccionaram suas composteiras em casa por iniciativa própria, entendendo, portanto, seu papel como agente transformador da realidade ao buscar práticas ambientalmente corretas de destinação do lixo orgânico.

As atividades do projeto continuam em andamento, atendendo outras duas Escolas, incluindo uma de Bombinhas- SC. Esta articulação com Escolas de outra região foi fruto da divulgação dos materiais produzidos de forma virtual, o que resultou em uma maior abrangência das nossas ações.

## CONCLUSÕES

A educação em solos pode ser um instrumento valioso para promover a conscientização ambiental, ampliando a percepção do solo como componente essencial do meio ambiente e para a vida humana.

A participação da UFSC com projetos de extensão nas escolas de ensino fundamental é de suma importância para proporcionar um ensino complementar mais robusto e reflexivo. Além disso, os projetos de extensão possibilitam a aproximação da universidade com a comunidade, permitindo também um diagnóstico e caracterização do seu entorno, levantando os problemas, desafios e potenciais para a construção de uma realidade com maior bem-estar para os cidadãos e de uma sociedade mais justa. A partir da aproximação das atividades propostas com a realidade dos estudantes, observamos um engajamento destes nas tarefas propostas, bem como a percepção da importância de atitudes individuais e coletivas na promoção da saúde ambiental.

A situação excepcional de ensino à distância durante a pandemia nos levou a usar de ferramentas tecnológicas de divulgação científica online, o que proporcionou maior alcance do que as atividades presenciais, ajudando a atingir um número maior de envolvidos do que nos anos anteriores. Os materiais produzidos pelo projeto são de acesso livre pelo YouTube e redes sociais, estando ao alcance dos interessados nesta temática também em outras regiões.

## AGRADECIMENTOS

A equipe agradece à Pró-Reitoria de Extensão da UFSC pelo apoio financeiro através do programa PROBOLSAS, e às Escolas Núcleo Municipal Rotary e Núcleo Municipal do Campo Leoniza Carvalho Augostini, as quais participaram das etapas até o momento.

## REFERÊNCIAS

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais /

Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997. 136p.

Muggler CC, Sobrinho FAP, Machado VA. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. In: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 4, 2006. p.733-740.

Núcleo de Ecologia e Ecotoxicologia do Solo- Necotox. Projeto de educação ambiental. [Acessado em: 4 set. 2020]. Disponível em: https://necotox.paginas.ufsc.br/projeto-educacao-ambiental/.

Orgiazzi A, Bardgett RD, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJI, Chotte JL, De Deyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, Hedlund K, Jeffrey S, Johnson NC, Jones A, Kandeler E, Kaneko N, Lavelle P, Lemanceau P, Miko L, Montanarella L, de Souza Moreira FM, Ramirez KS, Scheu S, Singh BK, Six J, van der Putten WH, Wall DH. Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016. 176 p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# O solo no ensino de geografia: (re) construíndo a conscientização socioambiental através de práticas de solos

Anderson Felipe Leite dos Santos[1]; Maria Marta dos Santos Buriti[2]; Lediam Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo[3]

[1]Estudante de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Rua Baraúnas, 351, Campina Grande – Paraíba, 58429-500, andersonfelipeleitedossantos@gmail.com; [2]Professora Substituta do Departamento de Geografia; Universidade Estadual da Paraíba; [3]Professora Titular do Departamento de Geografia; Universidade Estadual da Paraíba.

## INTRODUÇÃO

A Geografia possui o papel de estudar as interações entre o homem e o meio, destacando questões referentes ao meio natural e o modificado pela ação antrópica. Desse modo, a ciência do solo, se apresenta como objeto significativo no âmbito da ciência geográfica, visto a sua importância para entendermos a formação do solo, sua distribuição espacial na superfície terrestre e o seu uso pelos seres humanos que ocupam e o modificam de acordo com as suas necessidades. No entanto, é necessário e pertinente destacar-se que muitas das vezes, o homem, utiliza-se esse recurso natural de forma errônea, prejudicando toda a biodiversidade e os próprios seres humanos que precisam do solo para retirar e produzir os alimentos necessários a vida.

Por ser uma disciplina extensa e complexa, a maioria dos licenciandos em Geografia sentem dificuldades ao trabalhar os conteúdos da disciplina de pedologia que envolvem química, física e biologia. Essa dificuldade se dá, muitas vezes, pois, não foi trabalhado o conteúdo de solos na educação básica, ou até mesmo pelo fato de muitos licenciandos em Geografia terem dificuldade nas disciplinas da área de ciências da natureza no ensino médio e acharem que em um curso de humanas, tal como o de Geografia não irão se deparar com conteúdos envolvendo física, química e biologia.

Nesse sentido, devido à dificuldade apresentada pelos discentes, é necessário que os docentes criem estratégias para se trabalhar os conteúdos de solos nas licenciaturas de Geografia, pois, se os discentes apresentam dificuldades em compreender os assuntos, é muito provável que terão dificuldades para trabalhar os conteúdos de solo na educação básica, que já se apresentam nos livros didáticos de forma resumida, ou muitas vezes nem aparecem. Porém, é necessário observar que mesmo não aparecendo de forma explícita os conteúdos de solo, é necessário atentar-se que quando se trabalha vegetação, clima, relevo, se tem a possibilidade de incluir a discussão sobre solo, pois ambos os conteúdos estão intrinsicamente relacionados. De acordo com Lepsch (2002), no que se refere ao estudo do solo, várias ciências o integram em seus conteúdos, tais como: a geomorfologia, a climatologia, a hidrologia, a geologia, etc.

Com relação ao livro didático, faz-se preciso que os professores busquem novas ferramentas para se trabalhar os conteúdos de solos nas escolas, optando por metodologias que permitam aproximar o conteúdo da realidade vivida pelos alunos. Feltran Filho (1996) destaca que o livro didático é o único recurso pedagógico utilizado pelos professores em detrimento de outras bibliografias e materiais, o que possibilita a não correlação dos conteúdos com a realidade do aluno, da escola ou da diversidade regional brasileira.

Uma forma de tornar as aulas mais atrativas com relação aos conteúdos de solo, seria a utilização de experimentos de solos, que fazem com que os alunos possam observar os diferentes processos que ocorrem no solo causado pela ação natural e humana, os tornando-os conscientes da importância da preservação deste recurso natural tão essencial para a vida na terra.

Sendo assim, do mesmo modo que é importante os professores de Geografia da educação básica desenvolvam metodologias para trabalharem os conteúdos de solos, faz-se necessário que durante o componente de pedologia, os docentes também desenvolvam atividades que proporcionem aos licenciandos um melhor entendimento do que é trabalhado, para que os mesmos não sintam dificuldades em trabalhar os conteúdos sobre os solos na educação básica. Além que seria uma forma dos graduandos em Geografia perceberem a importância do uso de metodologias diversas para serem aplicadas em sala de aula, buscando sempre despertar o interesse no aluno, buscando alcançar uma melhor aprendizagem dos mesmos.

De acordo com Tomaz e Sartor (2010, p.2), "ao diversificar suas aulas e propor atividades que despertem a atenção dos alunos, o professor ao mesmo tempo estará aproximando o aluno da escola, de maneira que o mesmo sinta prazer e motivação em estar no ambiente escolar". Portanto, observa-se a relevância em trabalhar utilizando diferentes metodologias, que tornem as aulas mais atrativas para os alunos, proporcionando aos estudantes tornarem-se sujeitos ativos do processo de aprendizagem, sendo possível unir a teoria com a prática no ensino de solos nas escolas. Segundo Freire (1997), "para aprender a teoria é preciso experienciá-la". Assim, a partir das práticas de solos desenvolvidas durante a Graduação seria uma forma dos licenciandos aprenderem melhor os conteúdos sobre solo e perceberem na prática o quanto é necessário que as crianças e jovens conheçam sobre a sua importância. Decerto, possibilitando assim, que os alunos sejam cidadãos conscientes do seus deveres com relação a proteção e preservação desse recurso natural.

Visto isso, o presente trabalho tem como objetivo refletir acerca da contribuição do monitor no desenvolvimento das atividades práticas no componente curricular Pedologia em prol de contribuir para a formação dos licenciandos do curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, campus I, localizada no município de Campina Grande, no estado da Paraíba.

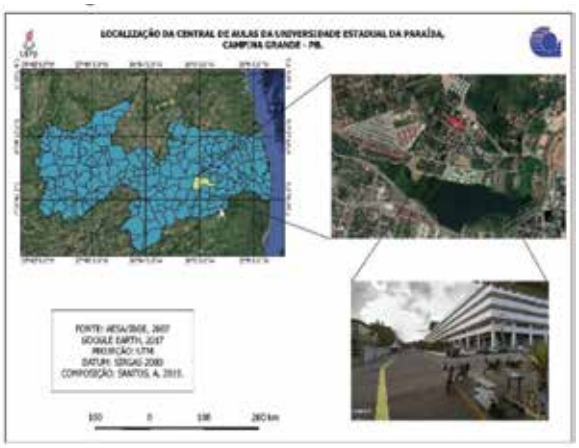
## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho apresentando, amparado em uma abordagem qualitativa, estruturou-se metodologicamente a partir de procedimentos que nos permitiram organizar a informações teóricas e as informações empíricas.

Desta forma, partimos de um estudo bibliográfico em que foram pesquisados textos diversos que abordam a temática em tela. Após esta revisão teórica, organizamos o relato de experiência fundamentados nas vivências práticas desenvolvidas no âmbito da monitoria acadêmica realizada no Componente Curricular de Pedologia, no período 2019.2, do curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, que funciona

na central de aulas, do campus I. Na figura 1, é possível observar o mapa de localização da central de aulas.

**Figura 1.** Localização da central de aulas da Universidade Estadual da Paraíba, onde funciona o curso de Licenciatura Plena em Geografia




Fonte: Santos (2019)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A monitoria foi desenvolvida durante o semestre 2019.2 pelo componente curricular pedologia do curso de Licenciatura plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, campus I. As atividades foram realizadas com 24 discentes do 5º período noturno.

Com relação ao desenvolvimento das atividades práticas realizou-se dois experimentos que pudessem abarcar os conteúdos de degradação do solo, visto que atualmente podemos ver nas mídias e em outros veículos de informação os altos casos de desmatamento e queimadas no Brasil, que prejudicam o solo, fazendo aumentar os efeitos causados pela erosão. Segundo Bahia (1992) o país chega a perder cerca de 600 milhões de toneladas de solo devido à erosão anualmente.

No primeiro experimento abordou-se a importância da cobertura do solo e redução da erosão. (Figura 2). Para sua realização foram utilizadas 3 garrafas (PET) de 2 litros, aproximadamente 3 Kg de solo destorroado, touceira de grama do tamanho da garrafa pet de 2 litros, gravetos de árvores para representar a cobertura vegetal morta, tesoura, 3 caixas de sapatos para criar uma inclinação, para que a água escorresse através da boca da garrafa, 3 pratos descartáveis (estilo cumbuca), para colocar abaixo da boca de cada garrafa e 1 recipiente para armazenar a água a ser utilizada para derramar sobre as garrafas.

Sendo assim, nesse experimento foi possível observar a erosão laminar que remove uma delgada e uniforme camada do solo superficial, provocada por fluxo hídrico não concentrado e a erosão linear que é decorrente da ação do escoamento hídrico superficial concentrado, apresentando três tipos, os sulcos, ravinas e voçorocas. Na Figura 2 é possível verificar a realização do experimento sobre a importância da cobertura do solo.

**Figura 2.** Experimento sobre a importância da cobertura do solo



Fonte: Santos (2019)

Na primeira garrafa observou-se que o solo sem nenhuma cobertura vegetal, a água oriunda do escoamento superficial do solo estava mais turva (suja) do que as provindas do solo com cobertura vegetal viva e morta. Desse modo, constatou-se que o solo sem nenhuma cobertura vegetal fica totalmente desprotegido da ação da chuva, o que causa a perda dos seus nutrientes e sedimentos que são carregados pelas águas

e depositados nos lugares mais baixos. Assim, na primeira garrafa, sem cobertura vegetal, os discentes observaram o efeito nítido da erosão linear.

Com relação a segunda e terceira garrafa, respectivamente, houve uma menor perda de solo, pois a vegetação viva e morta, protegem o solo do efeito da chuva, diminuindo os efeitos da erosão. Porém, observou-se que o escoamento superficial formou pequenos canais levemente definidos, tendo o desgaste uniforme e gradual do solo em toda a sua extensão, caracterizando a erosão laminar. Destaca-se que a menor turbidez da água do escoamento indica uma menor perca de partículas minerais e orgânicas do solo.

Dessa forma, para a realização do segundo experimento utilizou-se 2 garrafas (PET) de 2 litros, 1 garrafa (PET) de 1 litro, aproximadamente 2 kg de solos, um tufo de grama de jardim com solo aproximadamente do mesmo diâmetro da garrafa PET, 2 folhas de papel sulfite de cor branca e fita adesiva transparente. Para cortar o tufo de grama pode-se utilizar uma faca firme ou uma pá de jardinagem. A prática teve como base o impacto da gota de chuva no solo, mostrando também a importância da cobertura vegetal para o solo, pois um solo sem cobertura vegetal, com o impacto das gotas da chuva, ocasiona a sua desagregação.

Por meio deste experimento observou-se (Figura 3 e 4), que o papel sulfite que estava envolvido sobre a garrafa PET com cobertura vegetal estava apenas molhado, não havendo desagregação do solo, já com relação ao papel sulfite da garrafa PET sem cobertura vegetal, estava todo sujo de solo, pois houve a desagregação do solo. Desse modo, constatou-se que na garrafa sem cobertura vegetal houve perda de solo. Assim, foi possível ver na prática que a vegetação é a defesa natural do solo ao processo erosivo, pois ela intercepta a água, fazendo diminuir a quantidade que chega ao solo, contribuindo para um menor escoamento superficial, pois o solo irá reter uma maior quantidade de água.

**Figura 3.** Experimento sobre o impacto da gota de chuva no solo



Fonte: Autores (2019).

**Figura 4.** Resultado do experimento sobre o impacto da gota de chuva no solo



Fonte: Santos (2019).

Dessa forma, notou-se que os discentes ficaram bastante empolgados para a realização dos experimentos, sendo um momento em que toda a turma se juntou para desenvolver as atividades com o auxílio e orientação do monitor. Destaca-se que os alunos ajudaram desde a montagem dos experimentos até a sua realização, a qual foi possível tirar dúvidas sobre alguns assuntos estudados, com destaque para o processo de erosão. Como resultado dessa atividade no componente pedologia, pode-se mostrar para

os futuros professores que é possível trabalhar os conteúdos sobre o solo de forma dinâmica, utilizando metodologias capazes de despertar nos alunos o interesse e consciência sobre a importância de preservar o solo. Além disso as atividades desenvolvidas proporcionaram uma maior aproximação do monitor com a turma, favorecendo ainda mais o processo de ensino e aprendizagem.

## CONCLUSÕES

A realização dos experimentos de solos durante a monitoria acadêmica, foram bastante importantes no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, pois, observou-se na prática tudo aquilo que tinha sido passado como teoria em sala de aula.

Portanto ao final da realização das práticas os participantes que são licenciandos em Geografia, comentaram que os experimentos é uma forma de integrar a turma, pois houve a participação e interação de todos. Além disso, uma maneira de se pensar novas metodologias para se trabalhar na educação básica, envolvendo tanto os alunos do ensino fundamental quanto do médio. Ademais, ressaltaram a importância de se trabalhar o conteúdo de solos, utilizando recursos didáticopedagógicos que facilite uma melhor compreensão deste recurso natural por parte dos alunos, despertando assim uma consciência ambiental nos educandos.

Dessa forma, através dos resultados obtidos comprova-se que a utilização de recursos diferentes em sala de aula melhora o aprendizado dos alunos, que mostram em sua maioria um maior interesse e envolvimento durante as aulas, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

BAHIA, V. G. CURI, N.; CARMO, D. N. Fundamentos da erosão do solo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

FELTRAN FILHO et al. Livro didático de Geografia: uma análise dos conteúdos da área física. Sociedade e Natureza, Uberlândia, v. 1. n.1, p. 80-86, jan/dez 1996.

FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

TOMAZ, Andreia; SARTOR, Silvana de Bona. Atividades para Trabalhar Didaticamente Conteúdos de Geografia na 6a Série do Ensino Fundamental. Associação dos Geográficos Brasileiros, Porto Alegre, v. 31, n. 25, p.01-10, 31jun.2010. Semestral. Disponível em www.agb.org.br/evento/dowload. php?idtrabalho=2827.Acesso em:13 mai.2020.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Programa Ponte - Solo na Escola: do presencial ao virtual

Bruna Arruda[1]; Clécia Cristina Barbosa Guimarães[2]; Antônio Carlos Azevedo[3]

[1]Coordenadora do Programa Ponte - Solo na Escola, Universidade de São Paulo (USP), Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-São Paulo 3418-900, bru_agro@hotmail.com; [2]Colaboradora do Programa Ponte - Solo na Escola, Universidade de São Paulo (USP), Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba- São Paulo 3418-900, clecia@usp.br; [3]Professor coordenador do Programa Ponte - Solo na Escola, Universidade de São Paulo (USP), Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-São Paulo 3418-900, aazevedo@usp.br

## INTRODUÇÃO

O Programa Ponte - Solo na Escola (PPSNE), localizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (Esalq-USP), é um programa de extensão que, desde 2006, busca disseminar conhecimentos acerca do recurso solo a estudantes e professores de todos os níveis de ensino. O PPSNE possui uma estação demonstrativa, com experimentos que envolvem a temática solos, e até 2019 promovia visitas guiadas por estudantes de graduação e pós-graduação da Esalq, para estudantes e visitantes no ambiente universitário, promovendo a conscientização sobre a necessidade de preservação e manejo sustentável desse recurso.

Até 2019, o PPSNE recebeu cerca de 2000 visitantes em sua estação. De maneira geral, esses visitantes eram oriundos de Piracicaba e região, devido à localização da estação do PPSNE, no estado de São Paulo.

Entretanto, em função da pandemia Covid-19, as atividades presenciais tiveram que ser convertidas em atividades virtuais. Apesar das dificuldades de adaptação ao novo paradigma, acredita-se que com a modalidade virtual o PPSNE poderá alcançar um público mais diversificado da sociedade, não se limitando a Piracicaba e região, mas sim atingindo todo o território nacional.

Os principais meios de divulgação virtual do trabalho desenvolvido pelo PPSNE, são as redes sociais, como o Facebook, cuja criação do perfil do PPSNE se deu em 2012. Assim, o Facebook é atualmente o principal veículo para acessar o público do PPSNE de forma virtual.

Objetiva-se, desta forma, comparar o alcance do PPSNE nas formas presencial e virtual, bem como identificar a abrangência de ação do PPSNE por meio do Facebook no território brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi dividido em duas fases. Inicialmente foi realizado um levantamento do número de pessoas que participaram em atividades presenciais realizadas pelo PPSNE nos anos de 2018 e 2019, na Esalq-USP, e o número de pessoas alcançadas nas publicações de fotos dessas atividades no Facebook @solonaescola.esalq. As atividades analisadas foram: i) Domingo de Solo 2018; ii) Domingo de Solo 2019; iii) Curso de tinta de solo 2019.

Foram analisados os dados do Facebook @solonaescola.esalq em relação ao número de

seguidores da página do PPSNE em 2020, e a localização dos mesmos ao longo do território brasileiro. Com esses dados, foram construídos mapas utilizando como base o shapefile dos estados e municípios brasileiros fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) de acordo com a presença e número de seguidores do PPSNE por estado brasileiro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento dos dados do número de pessoas alcançadas nas atividades desenvolvidas pelo PPSNE de forma presencial e virtual mostra um maior número de pessoas alcançadas nas publicações das fotos de registo dos eventos publicados no Facebook, comparado ao número de assistentes aos eventos presenciais **(Figura 1a)**.

Os eventos Domingo de Solo de 2018 e 2019 foram divulgados em diversos meios de comunicação, como jornais impressos e online da cidade de Piracicaba, bem como no perfil do Facebook do PPSNE, para atrair o público de forma presencial. Os eventos tiveram duração de 4 horas cada, e o número de assistentes aos eventos presencialmente foram de 60 e 75 pessoas para 2018 e 2019, respectivamente **(Figura 1a)**. Um fator limitante a assistência às atividades presenciais é a restrição da participação de acordo com a distância geográfica entre o público e a Esalq-USP, onde os eventos foram promovidos, portanto restrito ao público de Piracicaba e região **(Figura 1b)**.

Quando as fotos de registro dos eventos Domingo de Solo foram divulgadas no Facebook, atingiram 804 e 1608 pessoas nos eventos Domingo de Solo 2018 e 2019, respectivamente **(Figura 1a)**. Deve-se considerar que as fotos, após publicadas, ficam disponíveis por tempo indeterminado, e, portanto, tendem a atingir um maior número de pessoas, sem a restrição de um horário determinado. Além disso o Facebook possibilita um efeito viral ocasionando a rápida dispersão dos conteúdos publicados (Carrera, 2009). A divulgação das fotos de registro publicadas no Facebook é capaz de atingir diversas pessoas que não puderam comparecer aos eventos, fazendo o conhecimento chegar a diversos públicos. Entretanto, as atividades desenvolvidas no Domingo de Solo 2018 e 2019 provocavam uma interação com o público presente, sendo essa interação possível somente na forma presencial.

Quanto ao curso de tinta de solo 2019, o número de pessoas que compareceram presencialmente foi de 7 pessoas (Figura 1a). Um fator importante que limita o número de pessoas que participaram desta atividade presencial foi a limitação do espaço físico do evento, que restringe o número de pessoas que podem ser alocadas confortavelmente no espaço do curso. Além disso a limitação do recurso humano dos monitores de PPSNE limitam o número de participantes para que todos possam receber a atenção individualizada durante as atividades. Quando as fotos do curso de pintura foram publicadas no Facebook, foram capazes de atingir 619 pessoas **(Figura 1a)**. Esses dados estão de acordo com Hylén (2006) que afirmou que a Internet pode oferecer oportunidades reais para melhorar o acesso e a disseminação da informação e do conhecimento das universidades e dos colégios para uma grande quantidade de pessoas.

Com base nesses resultados e na necessidade de adaptação a condição virtual imposta pela pandemia de Covid-19, o PPSNE vem buscando aprimorar as atividades realizadas de forma virtual, e assim aumentar a abrangência do público atingido.

Os dados levantados de seguidores da página do Facebook do PPSNE ao longo do território brasileiro, em 2020, mostram a presença ao longo de todas as regiões, com ausência de

seguidores nos seguintes estados: Acre, Roraima, Rondônia, Amapá, Tocantins, Sergipe e Espírito Santo (Figura 1c). Dentre os estados com a presença de seguidores, o Estado de São Paulo é o que apresenta o maior número (Figura 1d), o que deve estar relacionado a localização física da estação do PPSNE. Entretanto um grande número de seguidores é também observado nos estados de Minas Gerais e Pernambuco, indicando que a limitação geográfica pode ser rompida.

Nesse sentido um dos maiores desafios enfrentados pelo PPSNE a partir de 2020 é a conversão das atividades presenciais para virtuais, no sentido de garantir que a informação que chegará ao público seja de qualidade. Eventos didaticamente bem planejado e publicados virtualmente poderão informar pessoas do país inteiro sobre a temática solos, tanto na cidade como no campo, com tanto que seja dado a todos o acesso à internet, chegando a comunidade em geral, incluindo pessoas leigas, na condição de estudantes ou não.

O conhecimento da localização geográfica do público do PPSNE pode direcionar os conteúdos oferecidos no Facebook do PPSNE, podendo estes serem regionalizados, uma vez que os tipos de solos e suas relações variam conforme sua localização geográfica.

## CONCLUSÕES

Publicações de conteúdo no Facebook do Programa Ponte - Solo na Escola tem o potencial de atingir um público mais amplo quando comparado às atividades presenciais.

Por meio de atividade no Facebook é possível atingir público não limitado geograficamente pela distância, ao longo de todo o território brasileiro.

O maior desafio é que as atividades interativas presenciais possam ser convertidas a atividades virtuais, sem perder a qualidade.

## REFERÊNCIAS

Carrera, F. Marketing Digital na Versão 2.0- O que não pode ignorar. Lisboa: Edições Sílabo Ltda; 2009.

Hylén, J. Open Educational Resources: Opportunities and Challenges. Proceedings of open education. 2006; 4963.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Base de dados geoambientais, 2014. {Acessado em: 10 jul. 2020]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais.html

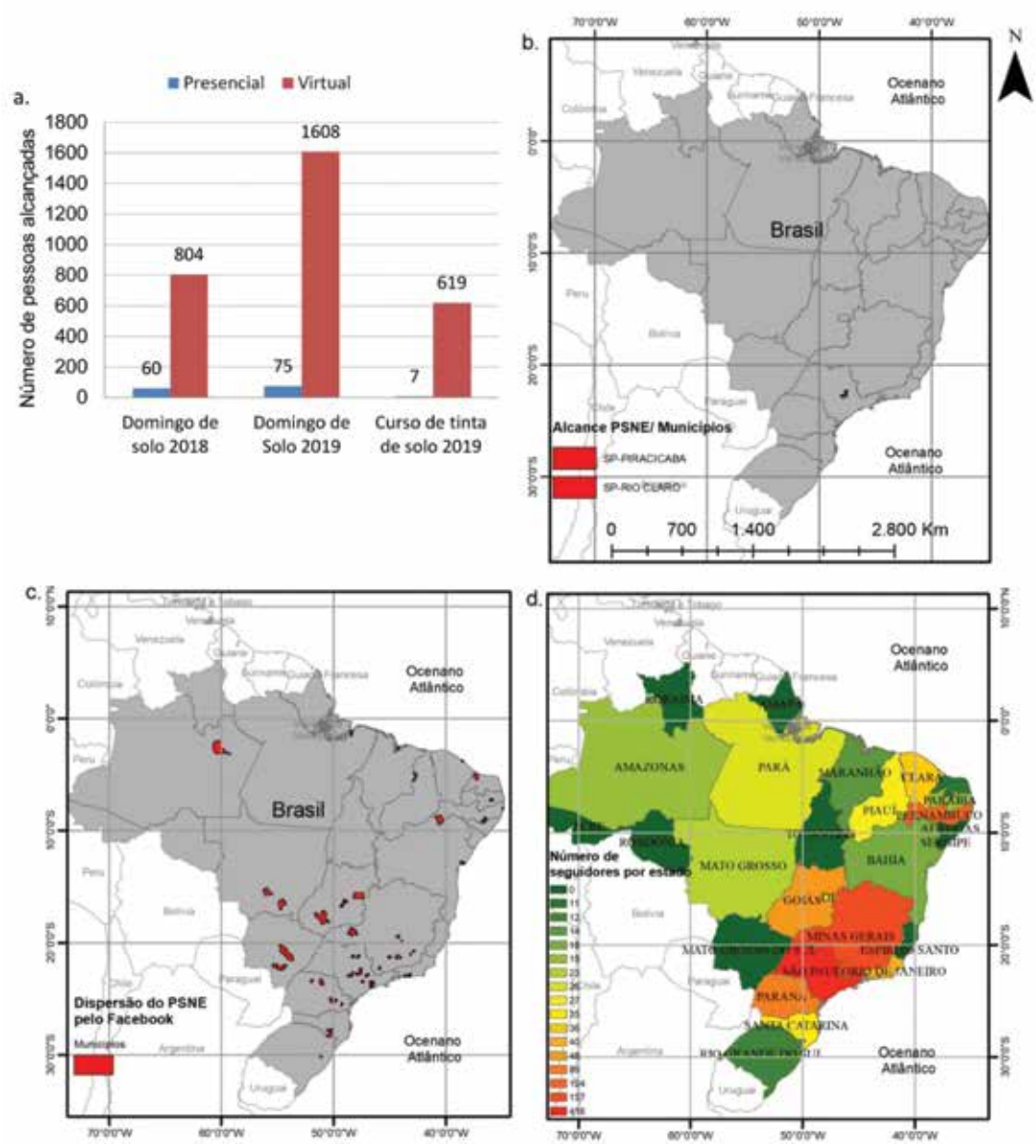



Figura 1. Total de pessoas alcançada nos eventos do Programa – Ponte Solo na Escola (PPSNE) de forma presencial e virtual, via Facebook, nos anos de 2018 a 2019 (a); alcance presencial do PPSNE no Brasil (b); dispersão dos seguidores no Facebook do PPSNE pelo Brasil (c); e número de seguidores no Facebook do PPSNE por estado brasileiro (d).

Seção 3

# Fertilidade do solo e nutrição de plantas



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Ácidos húmicos de diferentes origens exercem estímulos diferenciados em plantas de arroz de acordo com suas doses

Débora Fernandes da Graça Mello[1]; Tadeu Augusto van Tol de Castro[2]; Lucas de Souza da Silva[3]; Raphaella Esterque Cantarino[4]; Orlando Carlos Huertas Tavares[5]; Andrés Calderín García[6]

[1]Estudante de graduação em Agronomia – UFRRJ, Rodovia BR 465, Km 07, s/n Zona Rural, Seropédica - RJ, 23890-000 deboragmello@gmail.com; [2]Doutorando do Programa de PPGA-CS - UFRRJ; [3]Estudante de Graduação em Agronomia - UFRRJ; [4]Estudante de Graduação em Agronomia – UFRRJ; [5]Pós-doutorando do PPGA-CS; [6]Professor do Departamento de Solos (Instituto de Agronomia) - UFRRJ

## INTRODUÇÃO

A fração húmica da matéria orgânica (substâncias húmicas) corresponde a maior parte da matéria orgânica total, apresentando estrutura supramolecular composta por moléculas heterogêneas, de coloração escura e maior estabilidade e peso molecular, interagindo em função do seu tamanho, forma, afinidade química e hidrofobicidade (MUSCOLO et al., 2007; MUSCOLO & SIDARI, 2009).

No corpo das plantas, exercem influência na fisiologia vegetal, como crescimento e desenvolvimento da arquitetura das raízes, caule e folhas, expressão de genes, metabolismo primário e secundário, aumentam a taxa respiratória, estimulam o ciclo de Krebs e a fotossíntese. No solo, as reações dos ácidos húmicos provocam mudanças físicas como, maior retenção de água e melhoria na aeração; mudanças químicas que ocorrem em função da atuação como agentes complexantes promovendo redução da toxidez de íons metálicos, aumentam o poder tampão reduzindo a variação do pH do meio e aumento da capacidade de troca catiônica (MORA et al., 2012; JANNIN et al., 2012).

Diversos trabalhos já comprovaram os benefícios que os ácidos húmicos fazem no sistema radicular de plantas. A bioatividade dessas substâncias exerce estímulos sobre as raízes como incremento de pelos radiculares e raízes laterais, resultando no aumento da área superficial da raiz. (TAVARES, 2014; GARCÍA, 2016; GARCÍA, 2018). García et al. (2016) realizaram um trabalho em que foi notado que a aplicação de ácidos húmicos em plantas de arroz extraídos de múltiplos métodos, apresentaram diferentes relações estruturais e resultaram em diferentes estímulos na quantidade de raízes emitidas por classe de diâmetro.

Além dos efeitos comumente observados no sistema radicular de plantas submetidas a aplicação de AH, pode-se destacar também efeitos positivos na parte aérea. O aumento da massa fresca e seca da parte aérea, vem como consequência do estímulo sofrido no sistema radicular, resultando em maior absorção e transporte de nutrientes, no aumento na atividade de $H^+$-ATPases radiculares e no processo fotossintético (FAÇANHA ET AL. 2002; MORA et al., 2010;

GARCÍA, 2013; WANGEN et al., 2013; BALDOTTO et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes concentrações de ácidos húmicos extraídos a partir de vermicomposto (AHVC), organossolo (AHSOLO) e de sedimentos do Rio Negro – AM (AHRN), na emissão de raízes de três classes de diâmetros e na produção de biomassa foliar e radicular seca.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Química Biológica do Solo e no Laboratório de Estudos das Relações Solo-planta, localizados no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A espécie modelo utilizada nesse estudo foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade BRS Esmeralda, cultivado em câmara de crescimento nas seguintes condições: luminosidade de 14/10 h (luz/escuro), fluxo de fótons de 250 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, umidade relativa de 70% e temperatura de 26 ºC.

As plântulas foram transplantadas para potes de 200mL, após seis dias da indução à germinação, que estavam previamente furados e contento areia lavada como substrato.

No dia seguinte ao transplantio iniciou-se as aplicações dos AH em 3 ensaios. O primeiro foi feito com AH de vermicomposto (AHVC), o segundo com AH organossolo (AHSOLO) e o terceiro com AH do Rio Negro – AM (AHRN). Todos os ensaios receberam as mesmas doses de AH sendo: 0, 2, 5, 10, 30 e 50 mg $L^{-1}$ de AH, com cinco repetições, em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Os AH foram extraídos seguindo a metodologia da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SISH) e de acordo com o protocolo metodológico descrito por Swift (1996).

Após sete dias de aplicação do AH, as plantas foram coletadas e avaliadas através do software WinRHIZO, sendo definido e medido o número de raízes mediante classificação em classes quanto ao diâmetro: superfinas (0,5 - 1,5 mm), finas (1,5 - 3,5 mm) e grossas (> 3,5 mm). Para avaliação de biomassa seca (g) da parte aérea e das raízes as plantas foram armazenadas em envelopes de papel e transferidas para estufa secadora, permanecendo assim por 72 horas à 60 ºC. Passado esse período, pesou-se a massa seca (g) do sistema radicular e da parte aérea de cada planta em balança digital de precisão.

As análises estatísticas foram realizadas no programa Statgraphic plus v.5.5 e os testes de média foram feitos por tukey ($p<0,01$). Os gráficos foram elaborados utilizando o programa Microsoft Excel 2010.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a classificação das raízes em diferentes diâmetros, o AHVC demonstrou seus maiores estímulos no desenvolvimento de raízes de menor diâmetro. As raízes superfinas de plantas tratadas com a dose de 5mg $L^{-1}$ de AHVC diferiram significativamente das plantas controle (Figura 1), o que poderia indicar um aumento na emissão de raízes secundárias e laterais. O desenvolvimento de raízes de menor diâmetro, também foi observado em estudo realizado por Aguiar et al. (2012), em que analisaram a bioatividade de ácidos húmicos oriundos de vermicomposto aplicados em mudas de milho. Analisando o número de raízes grossas, mesmo não sendo observado diferença estatística entre os tratamentos, nota-se uma tendência na redução de emissão de raízes desta classe, quando aplicado o AHVC (Figura 1).

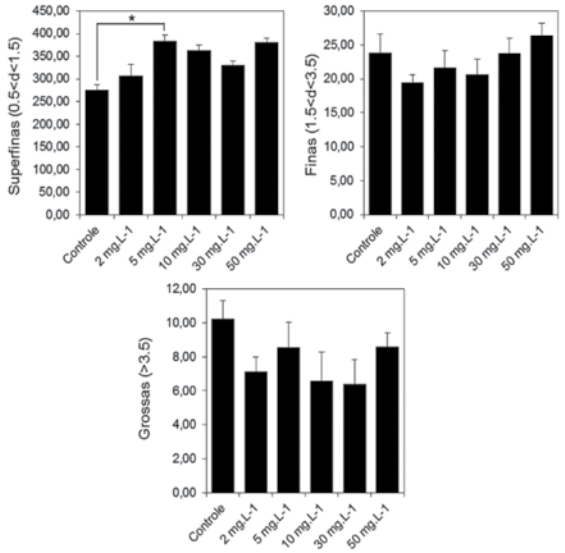



Figura 1. Efeito do ácido húmico obtido de vermicomposto (AHVC) no número de raízes de diferentes diâmetros.

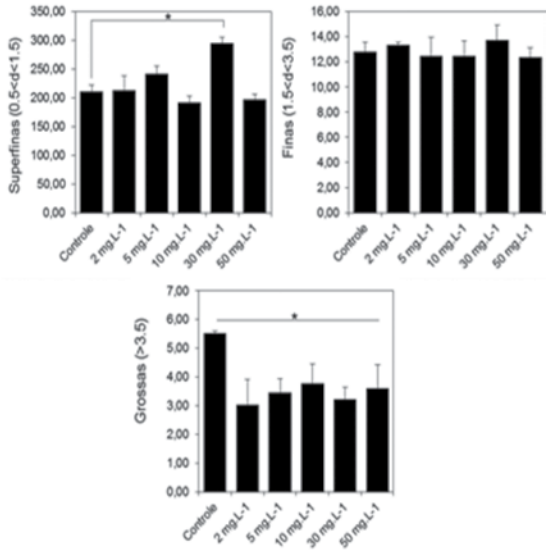



Figura 2. Efeito do ácido húmico obtido de sedimento do Rio Negro -AM (AHRN) no número de raízes de diferentes diâmetros.

Para os efeitos do AHRN, a classificação das raízes também mostrou que o estímulo registrado pelo aumento na quantidade de raízes é principalmente o resultado do estímulo na emissão de raízes de menor diâmetro. O AHRN na concentração de 30 mg $L^{-1}$ resultou em número de raízes superfinas estatisticamente superior ao controle (Figura 2). Em concordância com os dados obtidos, foram observados, em trabalhos realizados por Mora et al. (2012) e Canellas et al. (2011) estímulo na formação de raízes laterais e secundárias em plantas de pepino e de tomate submetidas a aplicação de ácidos húmicos em concentrações mais elevadas, respectivamente. Todas as doses de AHRN aplicadas resultaram em quantidade de raízes grossas significativamente inferior ao de raízes de plantas controle (Figura 2).

A classificação das raízes mostrou que o AHSOLO estimulou o aumento no número de raízes das três classes de diâmetro, diferente do registrado pelos AHVC e AHRN (Figura 3). O aumento no número de raízes nas três classes de diâmetro pela aplicação dos AHSOLO é o resultado do estímulo na emissão de todos os tipos de raízes, sendo os estímulos significativos para as raízes superfinas resultantes das doses de 2 e 50mg $L^{-1}$, para as raízes finas as doses de 5 e 10mg $L^{-1}$ e para as raízes grossas a dose de 5mg $L^{-1}$ (Figura 3).

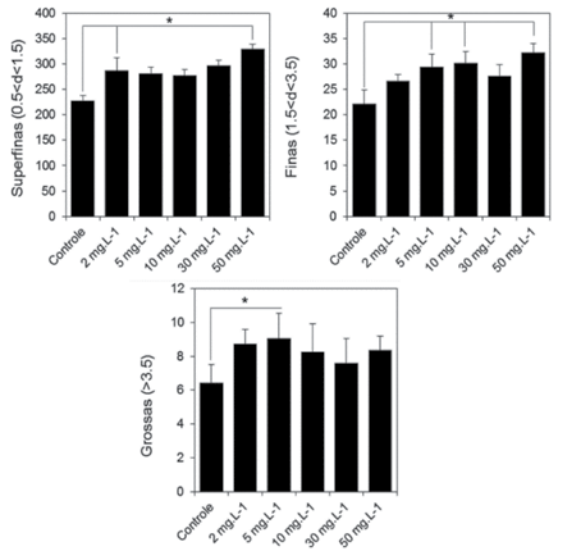



**Figura 3.** Efeito do ácido húmico obtido de organossolo (AHSOLO) no número de raízes de diferentes diâmetros.

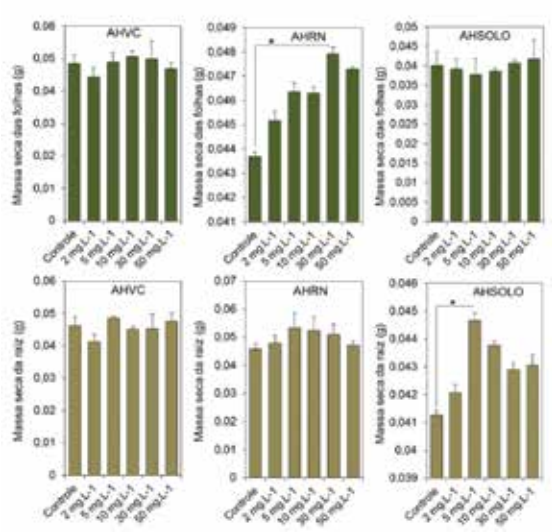



**Figura 4.** Efeito dos ácidos húmicos obtidos de diferentes origens (AHVC: ácido húmico de vermicomposto; AHRN: ácido húmico de sedimentos do Rio Negro – AM; AHSOLO: ácido húmico de organossolo) na produção de biomassa foliar e radicular seca.

Os AH exerceram efeitos diferenciados na produção de biomassa(g) das folhas e das raízes. O AHVC não mostrou efeitos importantes na produção de massa seca de folhas e raízes. Por outro lado, o AHRN mostrou exercer um estímulo na biomassa das folhas, especificamente na concentração de 30 mg $L^{-1}$, aumentando a produção de biomassa foliar em 9%, apresentando diferenças estatísticas quando comparado com o controle, já nas raízes não foram registrados estímulos pelo AHRN. O AHSOLO mostrou estimular a produção de biomassa das raízes na concentração de 5 mg $L^{-1}$ em 8%, diferindo estatisticamente quando comparado ao controle. O AHSOLO não mostrou estímulo no aumento da massa seca foliar (Figura 4).

## CONCLUSÕES

Os ácidos húmicos aumentaram a quantidade de raízes em pelo menos uma classe de diâmetro. Os AHVC e AHRN estimularam a emissão de raízes superfinas, enquanto o AHSOLO estimulou a emissão de raízes de todos os diâmetros. O AHRN foi o único que resultou em redução na emissão de raízes grossas.

O acúmulo de biomassa foi diferente de acordo com cada ácido húmico. O AHVC não resultou em aumento de massa seca das raízes e folhas, o AHRN estimulou a produção de biomassa foliar, e o AHSOLO foi responsável por aumentar a massa seca radicular.

**AGRADECIMENTOS:** CAPES, CNPq, Faperj, Laboratório de Química Biológica do Solo, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e UFRRJ.

## REFERÊNCIAS


Aguiar, NO et al. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. Plant and Soil, v. 362, n. 1/2, p. 161-174, 2012.

Baldotto, MA.; Baldotto, LEB. Ácidos húmicos. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, n. 7, p. 856-881, nov./dez. 2014

Canellas, LP; Dantas, DJ; Aguiar, NO; Peres, LEP.; Zsogon, A.; Olivares, FL.; Dobbss, LB.; Façanha, AR.; Nebbioso, A.; Piccolo, A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants. Annals of Applied Biology, v. 159, p. 202-211, set. 2011.

Façanha AR; Façanha ALO; Olivares FL; Guridi FGA; Velloso ACX; Rumjanek VMR; Brasil F; Schripsema J; Braz-Filho R; Oliveira MA; Canellas LPC. 2002. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1301-1310.

García, AC Frações sólidas humidificadas de vermicomposto: seus efeitos em plantas e capacidade de retenção de metais pesados. 2013. 130 p. Tese (Doutorado) – Programa de PóS-Graduação em Ciência do Solo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

García, AC et al. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. Scientific Reports, v. 6, p. 20798, feb. 2016

García, AC et al. Structure-function relationship of vermicompost humic fractions for use in agriculture. Journal of Soils and Sediments, v. 18, p. 1365-1375, apr. 2018.

Jannin, L et al. Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: Involvement of N, C and S metabolisms. Plant and Soil, v. 359, p. 297-319, mar. 2012.

Mora, V et al. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to--shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Journal of Plant Physiology, v. 167, p. 633-642, 2010

Mora, V et al. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. Environmental and Experimental Botany, v.76, p. 24-32, fev. 2012.

Muscolo, A; Sidari, M Carboxyl and phenolic humic fractions affect *Pinus nigra callus* growth and metabolism. Soil Science Society of America Journal, v. 73, n. 4, p. 1119-1129, jul. / ago. 2009.

Muscolo, A; Sidari, M; Attinà, E; Francioso, O; Tugnoli, V; Nardi, S. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. Soil Science Society of America Journal, v. 71, n. 1, p. 75-85, jan./fev. 2007.

Swift, RS Organic matter characterization. In: Sparks, DL; Page, AL; Helmke, PA; Loeppert, RH; Soltanpour, PN; Tabatabai, MA; Johnston, CT; Sumner, ME (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society American, 1996. p.1011-1020

Tavares, OCH. Efeito dos ácidos húmicos sobre as H+-ATPASE, transportadores de N-NO3- e N-NH4+, e sobre o crescimento em arroz. 2014. 118 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

Wangen, DRB et al. Fertilizante orgânico na produção de couve-da-malásia, Brassica chinensis var. parachinensis (Bailey) Sinskaja. Enciclopédia Biosfera, v. 9, p. 1429-1435, 2013.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação Fosfatada e Gesso Agrícola na Cultura do Trigo em Sistema Plantio Direto

Giovanna Ludmila Alves Rodrigues[1]; Vanderson Modolon Duart[2]; Lucas Maurício Alves[3]; Eduardo Fávero Caires[4]

[1]Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, Ponta Grossa-PR, 84030-900, giovannaalves001@gmail.com; [2]Estudante de Doutorado em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa; [3]Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa; [4]Professor Titular, Universidade Estadual de Ponta Grossa, bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

## INTRODUÇÃO

Os solos das regiões tropicais e subtropicais apresentam elevada acidez, alta concentração de alumínio trocável ($Al^{3+}$) e baixos teores de bases trocáveis e de fósforo (P) disponível (RAIJ, 2011). Para melhorar a sustentabilidade da agricultura em tais regiões, o sistema plantio direto com rotação diversificada de culturas e plantas de cobertura tem sido amplamente utilizado. Esse sistema sem revolvimento e com produção de palha sobre a superfície contribui para minimizar perdas de solo e de nutrientes por erosão (CASÃO JÚNIOR et al., 2012).

Para corrigir a acidez do solo em sistema plantio direto, os corretivos são aplicados na superfície sem incorporação (CAIRES et al., 2000). Porém, a calagem superficial apresenta maior eficiência na correção da acidez de camadas superficiais e demanda maior tempo de reação para alcançar as camadas de solo mais profundas (CAIRES et al, 2005).

O gesso agrícola ($CaSO_4.2H_2O$) tem sido utilizado com o intuito de aumentar os níveis de cálcio ($Ca^{2+}$) e reduzir a toxicidade de $Al^{3+}$ nas camadas subsuperficiais do solo, proporcionando um ambiente mais favorável ao crescimento do sistema radicular (SUMNER et al., 1986; CAIRES et al., 2003; 2006; 2011a,b; PAULETTI et al., 2014; ZANDONÁ et al., 2015). Quando o subsolo apresenta limitações ao crescimento radicular das plantas, a adição de gesso tem ocasionado aumento no rendimento das culturas (CAIRES et al., 2011a,b; RAMPIM et al., 2011).

O P é o nutriente mais utilizado na adubação em solos tropicais e subtropicais (RAIJ, 2011). Isso porque os solos altamente intemperizados dessas regiões apresentam alta capacidade de adsorção de P. Os fertilizantes fosfatados mais utilizados na agricultura são acidulados e possuem alta solubilidade em água (YAMADA; ABDALLA, 2004). Em razão do uso contínuo com declínio de reservas minerais de tais fertilizantes e do aumento nos custos, pesquisas com o intuito de aumentar a eficiência do uso de P são de suma importância na agricultura (CORDELL et al., 2009; DOWSON; HILTON, 2011).

Considerando que o gesso agrícola contém P, como impureza, em sua composição e que a sua utilização favorece o crescimento radicular das plantas por ocasionar melhoria no ambiente radicular do subsolo, é possível que a eficiência da adubação fosfatada seja aumentada quando

associada ao uso de gesso agrícola. Todavia, são escassas na literatura informações dos efeitos combinados de adubação fosfatada e uso de gesso agrícola na cultura de trigo sob plantio direto. Este estudo teve o objetivo de avaliar a nutrição e a produtividade de trigo em resposta às aplicações de P e gesso agrícola em sistema plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição do local, solo e tratamentos

O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa, PR, Brasil (25º03'23"S, 50º04'55"W e 972 m de altitude) em um Latossolo Vermelho textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Análises químicas e granulométricas do solo realizadas antes da instalação do experimento revelaram pH ($CaCl_2$) 5,0, teor de P (Mehlich-1) de 10,6 mg $dm^{-3}$ e 480 g $kg^{-1}$ de argila, na camada de 0–20 cm, e pH ($CaCl_2$) 4,4, 1,2 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de $Ca^{2+}$, 0,9 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de $Al^{3+}$, 33,5% de saturação por $Al^{3+}$ e 580 g $kg^{-1}$ de argila na camada de 20–40 cm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas, (180 $m^2$), foram aplicadas quatro doses de P na forma de superfosfato triplo no sulco de semeadura do trigo: 0, 30, 60, e 90 kg $ha^{-1}$. Nas subparcelas (45 $m^2$), foram empregadas quatro doses de gesso agrícola: 0+0, 2+2, 4+4 e 6+6 t $ha^{-1}$, à lanço sobre superfície. As doses de gesso foram aplicadas em outubro de 2013 e reaplicadas em outubro de 2018. Na rotação de culturas, foram utilizados soja (2013-14), trigo (2014), soja (2014-15), trigo (2015), soja (2015-16), aveia preta + nabo forrageiro (2016), milho (2016-17), trigo (2017), soja (2017-18), aveia preta (2018), soja (2018-19) e trigo (2019). As mesmas doses de P na forma de superfosfato triplo foram aplicadas no sulco de semeadura das culturas de soja, trigo e milho. Nesse estudo, foram avaliados os efeitos dos tratamentos na nutrição e na produtividade de trigo cultivado em 2019.

O trigo, cultivar TBIO Sinuelo, foi semeado no dia 1 de junho de 2019, no espaçamento de 0,17 m entre as linhas e densidade de 300 mil plantas $ha^{-1}$. A adubação potássica foi realizada com a aplicação de 60 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ na forma de cloreto de potássio logo após a semeadura. A adubação nitrogenada foi realizada em cobertura no início do perfilhamento, na dose de 70 kg ha-1 de N, na forma de ureia.

Por ocasião do florescimento da cultura do trigo retirou-se a folha-bandeira em 30 plantas de cada subparcela para avaliar os teores de nutrientes, de acordo com os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

Após a maturidade fisiológica foi realizada a colheita da cultura do trigo, em área útil central na subparcela de 6 $m^2$. A colheita foi realizada de forma manual e trilhada em máquina debulhadora estacionária. A produtividade de grãos foi determinada corrigindo-se a umidade dos grãos para 130 g $kg^{-1}$.

### Análise estatística

Os resultados foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e de regressão por polinômios ortogonais. As equações de regressão por polinômios ortogonais foram ajustadas aos dados obtidos em função das doses de gesso agrícola e de P aplicadas. Na ausência de interação significativa entre doses de P e as de gesso, foram consideradas as médias das observações. O critério adotado para a escolha do modelo foi a magnitude dos coeficientes de determinação das equações de regressão significativas a $P<0,05$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Nutrição do trigo

Não houve interação significativa entre doses de P × doses de gesso nos teores de N, P, K,

Ca, Mg e S nas folhas de trigo. Os teores foliares de P e Ca do trigo foram aumentados linearmente com as doses de P aplicadas no sulco de semeadura (Tabela 1). As doses de gesso agrícola aumentaram linearmente os teores de Ca e S nas folhas de trigo. As concentrações dos demais nutrientes nas folhas do trigo não foram influenciadas pelas aplicações de P e gesso. Os efeitos na nutrição do trigo devem ter sido decorrentes da maior disponibilidade desses nutrientes no solo em razão da presença de P e Ca na composição do superfosfato triplo, usado como fonte de P no presente estudo, e de Ca e S na composição do gesso agrícola.

**Tabela 1.** Concentrações de nutrientes nas folhas de trigo considerando as aplicações de fósforo e de gesso agrícola em sistema plantio direto.

| Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ---------- g kg$^{-1}$ ---------- | | | | | |
| $P_2O_5$ (kg ha$^{-1}$) | | | | | | |
| 0 | 36,7 | 1,8 | 22,2 | 3,5 | 1,4 | 2,8 |
| 30 | 41,0 | 1,9 | 21,2 | 3, 9 | 1,5 | 2,7 |
| 60 | 40,8 | 2,4 | 20,6 | 4,1 | 1,6 | 2,4 |
| 90 | 39,8 | 2,3 | 20,1 | 4,3 | 1,5 | 2,5 |
| Efeito | ns | L** | ns | L** | ns | ns |
| CV (%) | 16,9 | 10,4 | 15,1 | 4,6 | 7,0 | 21,6 |
| Gesso (t ha$^{-1}$) | | | | | | |
| 0 | 38,2 | 2,1 | 21,0 | 3,6 | 1,6 | 1,9 |
| 2 | 39,6 | 2,1 | 20,6 | 3,9 | 1,5 | 2,3 |
| 4 | 40,0 | 2,2 | 21,2 | 4,1 | 1,5 | 2,9 |
| 6 | 40,5 | 2,1 | 21,2 | 4,3 | 1,5 | 3,4 |
| Efeito | ns | ns | ns | L** | ns | L** |
| CV (%) | 13,2 | 13,3 | 8,8 | 6,3 | 6,3 | 10,9 |

L: Efeito linear por análise de regressão; ns: não-significativo; **: P<0,01; CV (%): coeficiente de variação.

## Produtividade de grãos de trigo

A produtividade de grãos de trigo não foi influenciada significativamente pela interação das doses de P × doses de gesso. As doses de P aplicadas no sulco de semeadura aumentaram linearmente a produtividade de grãos de trigo (Figura 1). De acordo com a equação de regressão ajustada, houve um incremento na ordem de 14 kg de grãos de trigo para cada kg de P2O5 aplicado. Destaca-se que as produtividades de trigo obtidas no presente estudo estiveram acima da média brasileira na safra de 2019 (2526 kg ha-1 de grãos) (CONAB, 2020). Incrementos no rendimento de grãos de trigo em função de acréscimos nas doses de P aplicadas foram também encontrados por Vieira et al. (2015). Nos estádios iniciais de desenvolvimento, o trigo necessita de níveis adequados de P e, entre os benefícios da aplicação em semeadura, está a tolerância maior ao frio (WIETHÖLTER, 2011). Além disso, o P auxilia no crescimento das raízes, o que favorece o aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo.

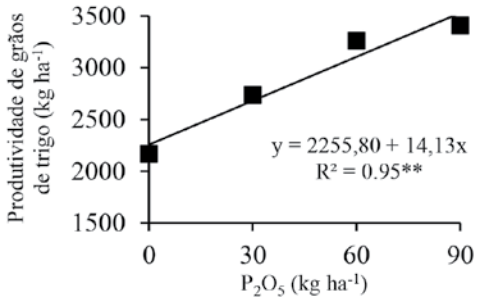



**Figura 1.** Produtividade de grãos de trigo em 2019, considerando as doses de fósforo aplicadas no sulco de semeadura. **: P<0,01.

A produtividade de grãos de trigo também aumentou de forma linear em função da aplicação de doses de gesso agrícola em superfície (Figura 2). De acordo com a equação de regressão ajustada, houve um incremento na ordem de 96 kg de grãos de trigo para cada tonelada de gesso agrícola aplicada. Aumentos na produtividade de grãos de trigo com a aplicação de gesso também foram observados em outros estudos realizados em sistema plantio direto (CAIRES et al., 2002; PAULETTI et al., 2014).

Como os efeitos da adubação fosfatada e da adição de gesso no incremento da produtividade de grãos de trigo foram independentes, a hipótese de aumento na eficiência da adubação fosfatada por meio do uso de gesso não se confirmou.

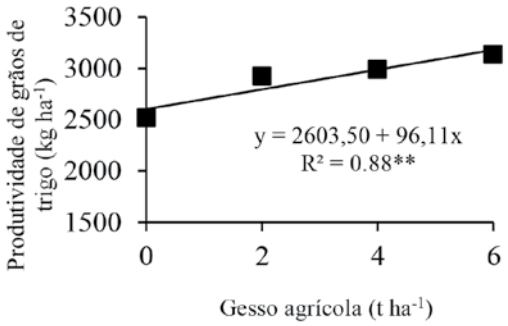



**Figura 2.** Produtividade de grãos de trigo em 2019, considerando as doses de gesso agrícola aplicadas em superfície. As doses de gesso foram aplicadas em 2013 e reaplicadas em 2018. **: P<0,01.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada e a aplicação de gesso agrícola ocasionaram alterações na nutrição das plantas e na produtividade de grãos de trigo de forma independente.

O incremento das doses de P no sulco de semeadura, na forma de superfosfato triplo, aumentou linearmente os teores de P e Ca no tecido foliar e a produtividade de trigo.

As doses de gesso aplicadas na superfície aumentaram linearmente os teores de Ca e S no tecido foliar e a produtividade de trigo.

Os incrementos na produtividade de trigo foram da ordem de 56% com a adubação fosfatada e de 22% com a aplicação de gesso agrícola.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

Caires EF, Banzatto DA, Fonseca AF. Calagem na superfície em sistema plantio direto. R Bras Ci Solo. 2000;24:161-169.

Caires EF, Blum J, Barth G, Garbuio FJ, Kusman MT. Alterações químicas no solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. R Bras Ci Solo. 2003;27:275-286.

Caires EF, Churka S, Garbuio F J, Ferrari RA, Morgano MA. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. Sci Agric. 2006;63:370-379.

Caires EF, Feldhaus IC, Barth G, Garbuio FJ. Lime and gypsum application on the wheat crop. Sci Agric. 2002; 59:357-364.

Caires EF, Joris HAW, Churka S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. Soil Use Manag. 2011a:27:45-53.

Caires EF, Maschietto EHG, Garbuio FJ, Churka S, Joris HAW. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. Sci Agric. 2011b;68:209-216.

Caires EF, Alleoni LRF, Cambri MA, Barth G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. Agron J. 2005;97:791-798.

Casão Junior R, Araújo AG, Llanillo RF. Plantio direto no Sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do Sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR; 2012. 77p.

Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Julho/ 2020. [Acessado em: 17 ago. 2020]. Disponível em: http://www.conab.gov.br/.

Cordell D, Drangert JO, White S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environ Chang. 2009;19:292-305.

Dowson CJ, Hilton J. Fertiliser availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. Food Policy. 2011;36:514-522.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa; 2013. 353p.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2nd ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato; 1997. 319p.

Pauletti V, Pierri L, Ranzan T, Barth G, Motta ACV. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário em sistema plantio direto. R Bras Ci Solo. 2014;38:495-505.

Raij B van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute; 2011. 420p.

Rampim L, Lana MC, Frandoloso JF, Fontaniva S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. R Bras Ci Solo. 2011;35:1687-1698.

Sumner ME, Shahandeh H, Bouton J, Hammel J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci Soc Am J. 1986;50:1254-1278.

Vieira RCB, Fontoura SMV, Bayer C, Moraes P, Carniel E. Adubação fosfatada para alta produtividade de soja, milho e cereais de inverno cultivados em rotação em Latossolos em plantio direto no Centro-Sul do Paraná. R Bras Ci Solo. 2015;39:794-808.

Wiethölter S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: Pires JLF, Vargas L, Cunha CR (Eds). Trigo no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo; 2011. p.135-184.

Yamada T, Abdalla SRS. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato; 2004. 726p.

Zandoná RR, Beutler NA, Burg GM, Barreto CF, Schmidt MR. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. Pesqui Agropec Trop. 2015;45:128-137.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas

Marcelo Ferreira Ely[1]; Juliano Brum de Quevedo[2]; Júlio Kuhn da Trindade[3]; Thayane Oliveira[4]; Rafael Ramon[5]; Amanda Posselt Martins[6]

[1]Engenheiro Agrônomo, mestrando em Ciência do Solo – PPGCS – UFRGS, grupo de pesquisa IRGEB, T.S.O. IRGA, 3º NATE, Rua João Ferreira, nº 141, Camaquã, RS, CEP: 96.789-230, marcelo-ely@irga.rs.gov.br; [2]Eng. agr., Doutorando PPG MCSA-UFPEL, Instituto Rio Grandense do Arroz; [3]Pesquisador, Deptº Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária – Sec. Est. Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (DDPA/SEAPDR-RS); [4]Acadêmica do curso de agronomia, Universidade Luterana do Brasil-ULBRA, bolsista de iniciação cientifica CNPQ; [5]Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia; [6]Engº Agrônoma, Professora Departamento de Solos/UFRGS Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia;

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o custo da lavoura de arroz no Rio Grande do Sul (RS) tem aumentado drasticamente, permanecendo abaixo dos preços pagos ao orizicultor (IRGA, 2018), impactando na margem de lucro e na sustentabilidade da atividade.

No intuito de reverter esse cenário, é necessário buscar estratégias que mais eficientemente utilizem a terra e os insumos, ao passo que também possam melhorar a fertilidade dos solos e a qualidade das águas (MARTINS et al., 2015). Nesse sentido, a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), configuram estratégias com potencial para a intensificação sustentável nas terras baixas orizícolas do RS, onde a inserção do componente animal no sistema acelera os fluxos e ciclagem de nutrientes (ANGHINONI et al., 2013).

Em SIPA, Alves et al. (2019) avaliaram a exportação de nutrientes e concluiram que >95% de P, K, Ca e Mg foi exportado do sistema via colheita dos grãos, enquanto <5% foi exportado via produção pecuária. O resultado disso é o retorno dos nutrientes das plantas forrageiras pastejadas ao solo via urina e esterco de animais, a partir da mais eficiente regulação dos ciclos biogeoquímicos, contribuindo para maior equilíbrio entre insumos e produtos utilizados (LAL, 2015). E, ao se antecipar a adubação, realizando-a na pastagem, se espera que essa estratégia, conhecida como adubação de sistema (TANGRIANI & SOARES, 2016), favoreça tanto o pasto, ao incrementar os ganhos pecuários, como a lavoura em sucessão, que aproveitará os mesmos nutrientes.

Entretanto, devemos considerar o fato de que o arroz irrigado é cultivado em ambiente alagado, onde os processos de oxirredução passam a ser predominantemente realizados por microrganismos anaeróbicos (SOUSA et al., 2015). Assim, a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) é prejudicada e ocorre diminuição na taxa de mineralização (REDDY et al., 1980). Isso confere ao cultivo do arroz irrigado elevada dependência da adubação mineral,

sobretudo de nitrogênio (N), uma vez que é o segundo nutriente que a planta mais acumula e tem influência direta nos componentes de rendimento (FRAGERIA & STONE, 2003).

Recentemente, Anghinoni & Carlos (2019) abordaram questões relacionadas ao manejo da adubação nitrogenada de cobertura no arroz irrigado e reiteraram a importância do parcelamento da adubação, fundamentada na marcha de absorção do N pela planta, bem como a relevância do tema quanto às perdas de N para o ambiente. Entretanto, sob SIPA utilizando-se de plantio direto combinado com pastagens em sucessão, há enorme carência de informações quanto ao manejo da adubação nitrogenada nos sistemas produtivos em terras baixas arrozeiras. Investigamos a hipótese de que, mesmo em plantio direto, a produtividade de grãos de arroz irrigado está associada com o nível de N aportado em cobertura na lavoura, contudo a adubação durante a fase pastagem pode permitir redução de N aplicado no arroz e melhorar a eficiência da adubação nitrogenada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Safra 2019/2020, em um sistema experimental iniciado em abril de 2013 no município de Cristal (RS) na Região Arrozeira da Planície Costeira Interna. O solo é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), com relevo plano a suavemente ondulado e declividade máxima de 4%. O solo apresenta má drenagem e textura franco-argilo-arenosa com 24, 23 e 53% de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0 a 20 cm (DENARDIN et al., 2018).

O experimento inclui cinco sistemas de produção agropecuária envolvendo a lavoura de arroz irrigado, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições com ~1,06 ha. Entre 2013 e 2016 (Ciclo I do experimento), cada sistema recebeu aduba-ções com intuito de atingir o máximo potencial produtivo das culturas comerciais e espécies forrageiras, elevando-se os níveis de fertilidade do solo (CARMONA et al., 2018). Já no ciclo em andamento (2017-2021, Ciclo II), para avaliar a viabilidade da adubação de sistemas em terras baixas, os sistemas integrados com pecuária passaram a receber toda a reposição de nutrientes durante a fase pastagem.

Dentre os cinco sistemas, foi escolhido o Sistema 2, o qual consiste em cultivo de arroz irrigado anualmente em sucessão à pastagem de azevém anual (cv. LE 284) pastejada por bovinos. O manejo do solo deste sistema prevê a semeadura direta tanto do arroz irrigado quanto do azevém, sendo que as intervenções de solo ocorrem apenas para drenagem (após a colheita do arroz) e fechamento dos drenos (antecipadamente à submersão dos quadros a partir do V3-V4 do arroz), bem como para eventual remonte das taipas.

Após a colheita do arroz do ano agrícola 2018/2019, em março de 2019, foram estabelecidos os pastos de azevém que receberam toda a adubação (CQFS-RS/SC, 2016), em 10/06/2019, à lanço com 150, 120 e 75 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$, respectivamente. O pastejo com terneiros iniciou em 15/07/2019, em pastoreio contínuo e taxa de lotação ajustada para manter o azevém a 15 cm de altura.

Previamente à adubação, foram delimitadas parcelas (16 $m^2$) que foram excluídas da adubação geral da parcela e foram, portanto, adubadas manualmente, respeitando a recomendação prevista para fósforo e potássio. Já o N foi utilizado doses crescente-descrecente (kg N $ha^{-1}$) para o azevém e arroz, respectivamente (dose azevém-arroz): 0-150N (T1), 50-100N (T2), 100-50N (T3) e 150-0N (T4). Após a dessecação do azevém, em 10/10/2019, foi semeado o arroz (21/10/2019). Antes da entrada d'água, foram delimitadas outras parcelas e aplicadas doses de N adicionais

ao sistema no arroz, fracionadas em duas aplicações, (SOSBAI, 2018), ou seja, 2/3 em V3 e 1/3 em R0, pela escala Counce et al. (2000). Portanto, um outro grupo de tratamentos foi delimitado em área do sistema que recebeu 150 kg N $ha^{-1}$ no azevém e que corresponderam a doses crescentes de N (kg $ha^{-1}$) no arroz irrigado: 150+50 (dose azevém-arroz, T5), 150+100 (T6), 150+150 (T7) e 150+200 (T8).

Em cada parcela, foi determinada a produtividade de grãos de arroz irrigado (19/03/2020), extrapoladas para Mg $ha^{-1}$, utilizando um quadro de 1 $m^2$ com duas coletas realizadas em cada parcela. Além disso, foi calculada a eficiência agronômica do N (EAN) aplicado pela equação proposta por Baligar et al. (1990): EAN = (PF – RNF) / QNA; em que PF é a produtividade de grãos das plantas fertilizadas (kg $ha^{-1}$), PNF é a produtividade de grãos de plantas não fertilizadas (kg ha-1) e QN é a quantidade de N aplicada em cobertura no arroz irrigado (kg $ha^{-1}$).

Com os resultados obtidos e depois de verificados os pressupostos de normalidade dos dados (Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por teste Duncan (P<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de grãos de arroz variou entre as estratégias de adubação nitrogenada no sistema agropecuário azevém-arroz, os resultados estão descritos na **Tabela 1**. No T4, que contou apenas com o N aplicado no azevém pastejado, a produtividade de grãos de arroz foi inferior aos demais tratamentos, com média de 7,21 Mg $ha^{-1}$. Este valor está abaixo da média de 7,97 Mg $ha^{-1}$ obtida pelos produtores de arroz na Região Orizícola Gaúcha Planície Costeira Interna na safra 2019/2020 (IRGA, 2020). Contudo, corrobora com estudo realizado por Anghinoni & Carlos (2019) para seis regiões orizícolas nas safras 2016/2017 e 2017/2018, no qual determinaram produtividade média de 7,55 Mg $ha^{-1}$ para a cv. 424 RI. Na mesma área experimental do presente trabalho, Denardin et al. (2020) encontraram 7,20 e 8,70 Mg $ha^{-1}$ para a produtividade de arroz irrigado sem adubação de N no arroz irrigado em sistema arroz-pousio e em sistema arroz-azevém, respectivamente.

**Tabela 1.** Produtividade de grãos e eficiência agronômica do N (EAN) aplicado em cobertura no arroz irrigado cultivado em sistema integrado de produção agropecuária manejado com distintas estratégias de adubação nitrogenada. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

| Tratamento | Adubação de N (kg $ha^{-1}$) | | | Produtividade | EAN |
|---|---|---|---|---|---|
| | Azevém | Arroz | Total | (Mg $ha^{-1}$) | (kg $kg^{-1}$ N) |
| T1 | 0 | 150 | 150 | 9,6 ab | 16,0 ns |
| T2 | 50 | 100 | 150 | 9,6 ab | 23,6 |
| T3 | 100 | 50 | 150 | 8,1 bc | 16,8 |
| T4 | 150 | 0 | 150 | 7,2 c | - |
| T5 | 150 | 50 | 200 | 8,3 bc | 20,9 |
| T6 | 150 | 100 | 250 | 8,8 bc | 15,5 |
| T7 | 150 | 150 | 300 | 10,5 a | 21,6 |
| T8 | 150 | 200 | 350 | 9,6 ab | 12,1 |
| Valor P | | | | 0,01* | 0,42 |
| CV (%) | | | | 16 | 50 |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05). ns = não diferiu significativamente

O T7 apresentou a maior produtividade de grãos, seguido pelo T8 e pelo T1. Esses tratamentos representam as estratégias de adubação que adotaram os maiores aportes de N em cobertura no cultivo de arroz irrigado. Já o T2 e o T6, os quais receberam 100 kg $ha^{-1}$ de N, e o T3 e o T5, os quais receberam 50 kg $ha^{-1}$ de N, em cobertura no arroz irrigado, apresentaram produtividades intermediárias de grãos, embora o T5 tenha recebido 50 kg $ha^{-1}$ de N a mais no azevém em relação ao T3.

Do T1 ao T4 consiste na estratégia de manter a quantidade de N no sistema integrado (150 kg $ha^{-1}$) proposta para o ano agrícola, diferenciando-se na fração de N aportada na fase pastagem

e arroz. Já o grupo de T4 a T8 diferenciam-se quanto ao aporte de N na fase arroz em sucessão a pasto de azevém adubados com 150 kg ha$^{-1}$ de N. Em função disso, foram gerados modelos de regressão para cada grupo de tratamentos, o procedimento está descrito na (figura 1).

Neste estudo, a perda na produtividade de arroz por kg de N retirado da lavoura e inserido no azevém, foi maior para o T1 ao T4, do que o ganho obtido do T4 ao T8, de 17,5 e 14,1 kg de grãos de arroz por kg de N, respectivamente. A dose de 200 kg ha de N$^{-1}$, no arroz com adubação do azevém na fase hibernal, mostrou-se com baixa eficiência, não diferindo das doses de 150 e 100 kg ha de N$^{-1}$ no arroz. Percebe-se também que o T8 (200 kg ha de N$^{-1}$) influenciou no ajuste da regressão do grupo de tratamentos T4 ao T8, no que tange a menor eficiência desse grupo.

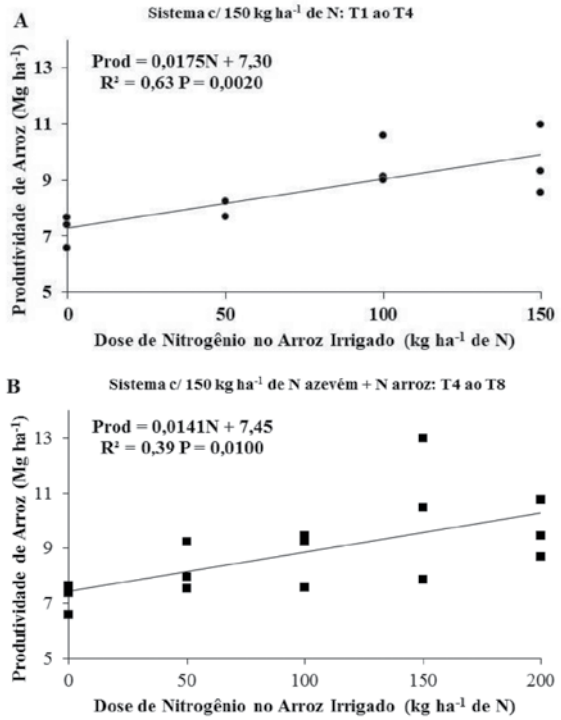



Figura 1. Produtividade de grãos em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado em sucessão à pastagem de azevém anual. A) Tratamentos com 150 kg ha$^{-1}$ de N com fracionado entre azevém pastejado e a lavoura de arroz irrigado (T1 ao T4); B) Tratamentos com 150 kg ha$^{-1}$ de N no azevém pastejado somadas às doses crescentes de N na lavoura (T4 ao T8). Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

## CONCLUSÕES

O arroz irrigado integrado com a pecuária, mesmo com pastagens fertilizadas no período hibernal, ainda é dependente da adubação nitrogenada, que pode estar ligado ao monocutivo e as duas gramíneas em sucessão. Obtendo resposta até pelo menos 150 kg ha$^{-1}$ de N no arroz irrigado.

Entretanto, o parcelamento da adubação nitrogenada não prejudicou a produtividade do arroz, tornando-se importante determinar o melhor resultado para o azevém pastejado no período hibernal, e assim determinar a melhor estratégia de adubação, tendo em vista que as duas culturas (arroz e azevém) são responsivas a adição de N.

AGRADECIMENTOS: À Fazenda Corticeiras, por ceder a área do experimento, bem como conduzir os serviços realizados. Ao IRGA, pela estrutura e suporte necessário. Ao IRGEB, UFRGS, PPGCS, pelos ensinamentos, parceria, suporte, que permitiu a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

Alves, L.A., Denardin, L.G.O., Martins, A.P., Anghinoni, I., Carvalho, P.C.F., Tiecher, T., 2019. Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. Geoderma 351, 197–208.

https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.036

Anghinoni, I., Carvalho, P. C. D. F., & de Andrade Costa, S. E. V. G. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtrópico brasileiro. Tópicos Ciência do Solo, 8:325-380, 2013.

Assmann, J. M., Anghinoni, I., Martins, A. P., Costa, S. E. V. G. D. A., Cecagno, D., Carlos, F. S., & Carvalho, P. C. D. F. (2014). Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated croplivestock system under (no-tillage) in southern Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 190, 52–59. https://doi.org/10.1016/j.agee. 2013.12.003

Assmann, J. M., Anghinoni, I., Martins, A. P., de Andrade Costa, S. E. V. G., Kunrath, T. R., Bayer, C., ... Franzluebbers, A. J. (2015). Carbon and nitrogen cycling in an integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50, 967–978. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000013

Carlos et al. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtrópico brasileiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8, 325–380.

Carmona, F. C., Anguinoni, I., Camargo, F. A. O., Carvalho, P. C. de F. (2016). Short-term Impacts on Soil-quality Assessment in Alternative 24 Land Uses of Traditional Paddy Fields in Southern Brazil. Land Degradation & Development, 28(2), 534–542.

CARVALHO, P.C.F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.88, p. 259-273, 2010.

Denardin L.G.O, Martins AP, Carmona FdC, et al. Integrated crop-livestock systems in paddy fields: New strategies for flooded rice nutrition. Agronomy Journal. 2020;1–11. https://doi.org/10.1002/agj2.20148

Franzluebbers, A. J. (2017). Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities insubtropics. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 108, 1–13. https://doi.org/10.1007/s10705-016-9818-6

Martins, A. P., Denardin, L. G. de O., Borin, J. B. M., Carlos, F. S., Barros, T., Ozório, D. V. B., Carmona, F. C., Anghinoni, I., Camargo, F. A., Carvalho, P. C. D. F., Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in southern Brazil. Land Degradation & Development. 2016. DOI: 10.1002/ldr.2640

REDDY, K.R. et al. Carbon transformation in the land areas receiving organic wastes in relation to nonpoint source pollution: A conceptual model. Journal of Environmental Quality, v.9; p.434-442, 1980

SBCSRS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p.

Schuster, M.Z. et al. Optimizing forage allowance for productivity and weed management in integrated crop-livestock systems. Agronomy for Sustainable Development, v.39, n.2, p.18, 2019.

Fageria, N.K; Stone, L.F. Manejo do Nitrogênio. In: Fageria, N.K et al. (Ed.) Manejo de Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado. EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2003. 250p.

SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha/RS, 2018.

IRGA. Custo de Produção do Arroz 2018/19. Disponível em: https://irga.rs.gov.br/mercado.

Tangriani, S.A.; Soares, A.B. Migrando da adubação de culturas para a adubação de sistemas por meio da integração lavoura pecuária. Informativo Integrar, n.15, 2016. Disponível em: www.aliancasipa.org

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação Nitrogenada no Azevém Pastejado em Sucessão ao Arroz Irrigado, Após Seis Anos de Plantio Direto: Há Influência da Rotação com a Soja?

Thayane Oliveira[1]; Marcelo Ferreira Ely[2]; Satyro Nunes Gonçalves[3]; Julio Kuhn da Trindade[4]; Paulo Cesar de Faccio Carvalho[5]; Amanda Posselt Martins[6]

[1]Acadêmica do curso de agronomia, Universidade Luterana do Brasil-ULBRA, bolsista de iniciação cientifica CNPQ. IRGA 3º NATE Rua João Ferreira, Nº 141, Camaquã, RS, CEP:96789-230, thayanee.oliveira@hotmail.com; [2]Engenheiro Agrônomo, mestrando em Ciência do Solo – PPGCS – UFRGS, grupo de pesquisa IRGEB, T.S.O. IRGA, 3º NATE; [3]Acadêmico do curso de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas. [4]Pesquisador, Deptº Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária – Sec. Est. Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (DDPA/SEAPDR-RS); [5]Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [5]Eng° Agrônoma, Professora Departamento de Solos, Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia;

## INTRODUÇÃO

Desde a introdução do arroz no Rio Grande do Sul (RS), no início do século XX, a pecuária esteve como sua aliada em muitos estabelecimentos rurais. Porém, o manejo adotado para a pecuária nesses sistemas agropecuários foi, na maioria das vezes, de baixo investimento e baixa eficiência produtiva, baseado em um sistema de monocultivo e subutilização do solo no período de inverno. (ANGHINONI et al., 2013).

Fruto da pesquisa científica na última década, os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) ressurgiram aliados à tecnificação de processos, alicerçada no plantio direto, com rotação de culturas (gramíneas e leguminosas) e boas práticas de manejo das pastagens.

Mostrando-se uma estratégia eficiente na produção de alimentos, com melhorias nas propriedades do solo (ANGHINONI et al., 2013) e no manejo de plantas daninhas potencializando, assim, a ciclagem de nutrientes (CARVALHO et al., 2010; ALVES et al., 2019; MARTINS et al., 2016).

Além do SIPA, a soja em rotação com arroz irrigado em terras baixas também pode ser uma alternativa para maior sustentabilidade, mantendo a estabilidade econômica e proporcionando ganhos em produtividade no arroz no ano seguinte (ELY et al., 2019). Por essas razões, a área com soja em terras baixas aumentou significativamente nos últimos 10 anos.

Algumas leguminosas, como a soja, têm por excelência a capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que conferem ao resíduo dessas espécies vegetais uma menor relação carbono:nitrogênio (C:N). Isto resulta em menor imobilização de N no processo de mineralização no solo, quando comparado às gramíneas (FRANZLUEBBERS, 2017).

Podendo fornecer grandes quantidades de N devido à menor imobilização do solo por microrganismos e, portanto, favorecendo o desenvolvimento da pastagem após a soja (Campos, 2015), auxiliando na redução de fertilizantes nitrogenados utilizados nas culturas (LOUARN et al., 2015).

A maior labilidade dos resíduos vegetais impacta na maior atividade de enzimas extracelulares intensificando a mineralização dos resíduos vegetais com a liberação mais rápida de nutrientes, como o N, que retroalimenta a atividade microbiana (BURNS et al., 2013). Por outro lado, os resíduos vegetais de arroz após a colheita possuem alta relação C:N (85:1) (ZHANG et al., 2015) e alto teor de lignina e silício, que reduz a velocidade de mineralização e a atividade de enzimas extracelulares (BURNS et al., 2013) e a disponibilidade de N no solo. Assim, o monocultivo de gramíneas, como o arroz, reduz a disponibilidade de substratos lábeis e diminui o metabolismo microbiano, em comparação à rotação com leguminosas (MCDANIEL e GRANDY, 2016).

É de conhecimento geral que a cultura da soja pode aumentar o N disponível no solo para os plantios subsequentes, (VARVEL & WILHELM, 2003; ALVES, et al., 2020).

Contudo, a hipótese deste trabalho, é que a rotação de soja com arroz irrigado em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas, de longo tempo, traz benefícios ao azevém pastejado mesmo após o cultivo de arroz irrigado. Então o objetivo foi avaliar a influência da adubação nitrogenada no azevém pastejado em sucessão ao cultivo de arroz irrigado, em dois sistemas de produção de arroz, cultivados a seis anos, um com monocultivo e outro em rotação com soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no ano agrícola 2019/2020, em um sistema produtivo experimental iniciado em abril de 2013 no município de Cristal (RS) na Região Arrozeira da Planície Costeira Interna. O solo é classificado como Planosso Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), com relevo plano a suavemente ondulado e declividade máxima de 4%. O solo apresenta má drenagem e textura franco-argilo-arenosa com 24, 23 e 53% de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0 a 20 cm (DENARDIN et al., 2018).

O experimento inclui cinco sistemas de produção agropecuária (tratamentos) envolvendo a lavoura de arroz irrigado, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições em parcelas com tamanho médio de 1,06 hectares (ha).

Dentre os cinco sistemas de produção testados no experimento, foram selecionados dois para o presente estudo: Sistema 2 (S2), que consiste em arroz todos os anos e azevém anual (*Lolium multiflorum)* sob pastejo na entressafra; e Sistema 3 (S3), que consiste arroz em rotação com soja e azevém anual sob pastejo na entressafra, ambos em semeadura direta.

Após a colheita do arroz irrigado da safra 2018/2019, em março de 2019, foi semeado a lanço o azevém anual cv. LE284. A adubação nestes sistemas foi a lanço, em 10/06/2019, com 330 kg $ha^{-1}$ da fórmula 07-35-10 e 100 kg $ha^{-1}$ de cloreto de potássio (58% de $K_2O$). O restante do N (i.e., 130 kg $ha^{-1}$), na forma de ureia (45% de N), foi adicionado no dia 05/07/2019, com 290 kg ha-1 também a lanço. No total, a pastagem recebeu 150, 115 e 90 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$ respectivamente.

Paralelo ao manejo dos sistemas, em cada parcela foram alocadas sub parcelas que foram excluídas da adubação, por meio da alocação de uma lona. A adubação de $P_2O_5$ e $K_2O$ foram realizadas de forma manual, conforme o restante da parcela. Os subtratamentos (parcelas subdivididas) receberam as seguintes doses em cobertura no azevém: 0, 50, 100 e 150 kg $ha^{-1}$ de N, distribuídos no estádio V4, na forma de ureia.

A dimensão de cada sub parcela foi de 16 $m^2$ (4 m x 4 m) e foram dispostas dentro de cada bloco de forma a manter a maior uniformidade

possível, evitando o caminho rotineiro dos animais (bebedouros, saleiros, locais de descanso e caminho de acesso a estes).

Foi alocado, em cada subparcela, gaiolas de exclusão ao pastejo (0,196 $m^2$) com a finalidade de estimar o crescimento e a produção de forragem, conforme Klingman et al. (1943). As coletas de forragem foram realizadas a cada 21 dias, com duas amostragens dentro e duas fora de cada gaiola, através de dois quadros de 0,2 x 0,2 m (0,04 $m^2$). A partir do dia 15/07/2019, as parcelas foram pastejadas com novilhos de corte em recria (bovinos de aproximadamente 10 meses de idade e 180 kg de peso vivo inicial), com taxa de lotação ajustada para manter os pastos a15 cm de altura.

A primeira coleta do período de pastejo foi realizada no dia 11/07/2019, juntamente com a alocação das gaiolas dentro das subparcelas. Nesta ocasião foi realizado o corte do azevém rente ao solo, fora das gaiolas, nos dois quadros de 0,04 $m^2$ e enviados a estufa a 60°C, por no mínimo 48h. Determinou-se a MS, a cada 21 dias, e determinada a taxa de acúmulo (TA), conforme metodologia de Klingmann et al. (1943). Estes valores obtidos, posteriormente foram extrapo--lados para Mg $ha^{-1}$ para determinar a biomassa seca acumulada (BA), após determinação da TA em kg MS ha-1 multiplicada pelo número de dias de cada período. Com os valores obtidos das coletas no campo, calculamos a TA média ao final de cada período pastejado, bem como a produção total de BA em cada sistema.

O término do pastejo se deu em 07/10/2019, para o S2 e em 08/11/2019 para o S3, ficando o S3 com 31 dias a mais de pastejo que o S2. Isso porque o S2 foi cultivado com arroz irrigado e o S3 foi cultivado com soja, respeitando a recomendação de época de semeadura indicada para cada uma das lavouras (SOSBAI, 2018; (CUNHA et al., 2001).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, com parcelas subdivididas. Verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,05$). Tratamentos quantitativos foram submetidos a regressão, respeitando a significância de acordo com a correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas S2 e S3 tiveram comportamentos semelhantes e, por isso, os resultados médios serão apresentados. Isso significa que o fato do S3 trabalhar com rotação na fase lavoura entre soja e arroz irrigado, não resultou em uma maior produção de BA do azevém em relação ao S2, que se caracteriza pelo monocultivo de arroz na fase lavoura, em um ano em que ambos os sistemas foram cultivados com arroz irrigado pré a fase pecuária com azevém (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de biomassa acumulada (BA) e taxa de acúmulo (TA). Rresultados médios para os dois sistemas (S2 e S3) em conjunto. Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

| Sistema | BA (Mg $ha^{-1}$) | TA (kg $ha^{-1}$ $dia^{-1}$) |
|---|---|---|
| S2 | $8,06^{ns}$ | $86,6^{ns}$ |
| S3 | 8,02 | 68,5 |
| CV (%) | 13,8 | 13,2 |
| Valor de P | 0,92 | 0,05 |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, ns = não significativo. CV= Coeficiente de variação.

O S3 teve 31 dias a mais de pastejo que o S2, porém produziu a mesma BA. Esse menor desempenho do S3 pode ser verificado na sua TA, que mesmo não sendo significativa, visivelmente foi inferior, de 68,5 e 86,6 kg ha-1 dia-1, para o S3 e o S2, respectivamente. Isso pode ser expli-

cado pelo fato do arroz cultivado anteriormente ao azevém ter produzido em torno de 2,3 Mg ha-1 a mais no S3 do que no S2 (ELY et al., 2019), deixando uma maior quantidade de resíduo de palha de arroz na lavoura, que possui alta relação C:N, necessitando assim, maior aporte de N para a sua decomposição (ZHANG et al., 2015).

Para ambos os sistemas (S2 e S3) houve resposta à adição de N via adubação na produção de BA do azevém, apresentando um ganho de 20,6 kg de MS por kg de N aplicado. A regressão linear foi significativa para as doses testadas, mesmo que com grande variação, que é explicado pelo efeito significativo entre os blocos. A adição de N via adubação apresentou incremento na produção de BA até a dose de 150 kg N $ha^{-1}$ (Figura 1).

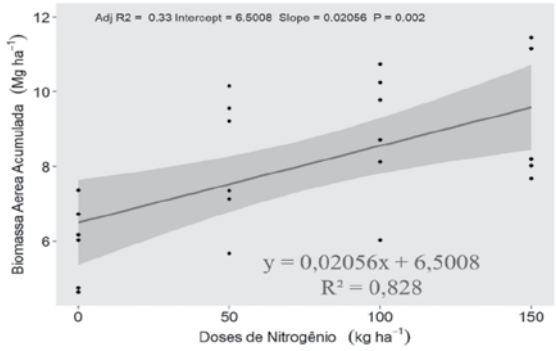



Figura 1. Relação entre o nitrogênio adicionado via adubação e a resposta na produção de biomassa aérea acumulada (Mg ha-1 de massa seca), na média do S2 e do S3 ao final do período de pastejo: S3 (rotação soja arroz com azevém no inverno), aos 119 dias e S2 (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 dias. Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS

Tabela 2. Biomassa acumulada (BA), taxa de acúmulo (TA) e eficiência do uso do N (EUN) nas diferentes doses de N aplicadas via adubação, na média do S2 e do S3 (rotação soja arroz com azevém no inverno), e (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) respectivamente. Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

| Dose de N (kg $ha^{-1}$) | BA (Mg $ha^{-1}$) | TA (kg $ha^{-1}$ $dia^{-1}$) | EUN (kg BA.kg $N^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| 0 | 5,9 b | 57,6 b | - |
| 50 | 8,2 ab | 78,8 ab | 44,7 a |
| 100 | 8,9 ab | 86,8 a | 30,0 ab |
| 150 | 9,1 a | 87,5 a | 21,2 ab |
| CV (%) | 21,8 | 21,7 | 83,5 |
| Valor P | 0,03 | 0,03 | 0,02 |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, ns = não significativo. CV = Coeficiente de variação.

FREITAS (2003) encontrou resposta linear na produção de MS de azevém com a adição da adubação nitrogenada, em doses de até 350 kg N $ha^{-1}$, porém perdendo a eficiência de MS por kg de N aplicado à medida que aumenta a dosagem de N. Essa informação é importante, devido à crescente preocupação do efeito do N sobre o meio ambiente e o custo de produção. A eficiência de utilização do N foi definida por Ball & Field (1992) como a resposta em termos unitários da matéria seca (MS) produzida por cada unidade de N aplicado (kg de MS por kg de N).

Na dose de 25 kg $ha^{-1}$ de N os resultados apresentados nesse resumo, inferem uma produção de 7,0 Mg $ha^{-1}$ de BA, enquanto FREITAS (2003) obteve 5,6 Mg $ha^{-1}$.

## CONCLUSÕES

Tanto o sistema 2, monocultivo de arroz, quanto o sistema 3, arroz em rotação com soja, ambos com azevém pastejado pós cultivo de arroz, mostraram comportamentos semelhantes, rejeitado a hipótese de que o sistema 3, responderia com maior produção de biomassa aérea acumulada, comparado ao sistema 2.

Respondendo ao aporte de N na produção de biomassa aérea acumulada, de 20,56 kg de BA $kg^{-1}$ N adicionado, até 150 kg $ha^{-1}$ de N. Mesmo com redução da eficiência do uso do nitrogênio.

**AGRADECIMENTOS:** À Fazenda Corticeiras, por ceder a área do experimento, bem como conduzir os serviços realizados. Ao IRGA, pela estrutura e suporte necessário.

## REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I. et al. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção no subtrópico brasileiro. Tópicos em Ciência do Solo, v.8, p.325-380, 2013.

BURNS, R.G. et al. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. Sl Biology and Biochemistry, Amsterdan, v. 58, n. 1, p. 216-234, 2013

CARVALHO, P.C.F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.88, p. 259-273, 2010.

DENARDIN, L.G.O. et al. Geração do conhecimento. In: CARMONA, F.C. et al. (Ed.). Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018. p. 39-100.

ELY, et. al.; Desenvolvimento de planta e produtividade de grãos de arroz irrigado na integração lavoura-pecuária com adubação de sistemas. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 11.; 2019; Balneário Camboriú, SC. Inovação e Desenvolvimento na Orizicultura: Anais Eletrônico. Itajaí: Epagri/ Sosbai, 2019.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FRANZLUEBBERS, A.J. Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. Agronomy Journal, Madison, v. 99, p. 361–372, 2017.

FREITAS, T.M.S. Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Ile de France em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em resposta a doses de nitrogênio. 2003. 114f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KLINGMAN, D.L. et al. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. Journal of American Society of Agronomy, v.35, p.739-746, 1943.

LOUARN, G. et al. An empirical model that uses light attenuation and plant nitrogen status to predict within-canopy nitrogen distribution and upscale photosynthesis from leaf to whole canopy. AoB PLANTS, [S.l.], v. 7, 2015.

MARTINS, A. P., Denardin, L. G. de O., Borin, J. B. M., Carlos, F. S., Barros, T., Ozório, D. V. B., Carmona, F. C., Anghinoni, I., Camargo, F. A., Carvalho, P. C. D. F., Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in southern brazil. land degradation & development. 2016. DOI: 10.1002/ldr.2640

MCDANIEL, M.D.; GRANDY, A. S. Soil microbial biomass and function are altered by 12 years of crop rotation. Soil, Göttingen, v. 2, p. 583–599, 2016.

SOSBAI; Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/32. Reunião Técnica do /arroz Irrigado, 08 a10 de agosto de 2018, Farroupilha, RS. – Cachoeirinha : Sociedade Sul-Brasileiro de Arroz Irrigado, p. 47-52, 2018.

VARVEL, G.E.; WILHELM, W.W. Soybean nitrogen contribution to corn and sorghum in western corn belt rotations. Agronomy Journal, v.95, p.1220-1225, 2003. DOI: 10.2134/agronj2003.1220.

ZHANG, Q. et al. Effects of Different Organic Manures on the Biochemical and Microbial Characteristics of Albic Paddy Soil in a Short-Term Experiment. PLoS ONE, San Francisco, v. 10, n. 4, 2015.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação potássica em videiras Prosecco em um Cambissolo da Serra Gaúcha

Bruna Trevizan Paese[1]; Diovane Freire Moterle[2]; Jorge Junior Mariani[3]; Julia Stephanie Bianchini Scheibe[3]

[1]Estudante do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Bento Gonçalves, Avenida Osvaldo Aranha, nº 540, Bairro Juventude da Enologia, CEP: 95700-206, Bento Gonçalves/RS, brunatpaese@hotmail.com;
[2]Professor e pesquisador, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Bento Gonçalves.;
[3]Estudante, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Bento Gonçalves.

## INTRODUÇÃO

A recomendação da adubação das culturas nos estados do RS e SC segue o Manual de adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016). Este manual vem sofrendo críticas pelos usuários pela ausência de experimentos com adubação potássica em videiras, principalmente as cultivares viníferas cultivadas na Serra Gaúcha. As doses estabelecidas atualmente foram baseadas em poucos experimentos com cultivares americanas, sendo que não possui estudos em longo visando calibrar as doses de adubação em cultivares viníferas. Ainda, existe a carência de pesquisas relacionadas ao efeito do excesso da adubação potássica sobre os parâmetros de qualidade do mosto de variedades de uvas brancas.

A grande variabilidade de solos e cultivares utilizadas torna-se necessário o estabelecimento de critérios simples e adequados para que tenhamos um diagnóstico exato da recomendação da adubação potássica. Neste sentido, necessitam ser desenvolvidos experimentos específicos para as diferentes cultivares e solos, a fim de tornar o sistema de recomendação da adubação o mais exato possível, para evitar perdas de produtividade ou problemas ambientais em decorrência do excesso das adubações (BRUNETTO, 2008).

Na cultura da videira, os níveis de suficiência dos nutrientes são utilizados para definir as doses dos nutrientes a serem aplicadas antes do plantio da muda e depois de instalado o vinhedo, a adubação de manutenção a partir da análise do tecido.

A análise foliar é conhecida por indicar o real estado nutricional da videira, a qual responde às variações no suprimento de elementos nutricionais, seja pelo solo, seja pelas adubações (HIDALGO, 2002). No entanto, as diferentes cultivares de videira, apresentam diferenças quanto a capacidade de absorção de nutrientes no solo (RAIJ, B. VAN, 1991). Isto indica que elas podem apresentar diferenças no estabelecimento dos teores críticos dos nutrientes nas folhas.

A videira por ser uma cultura perene, acumula reservas nutricionais em seus ramos de um ciclo para outro (FREGONI, 1980), afetando seu vigor e produtividade, sem correlação com a disponibilidade do elemento no solo (MELO et al., 2016). Este fato torna a análise foliar mais importante na recomendação da adubação do

que a análise de solo, exigindo assim maiores estudos relacionados à adubação de espécies perenes.

Diante da escassez de resultados, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), estabelece a necessidade e a dose de potássio (K) para a videira, com base em faixas de interpretação do teor total do nutriente na folha completa e a produtividade esperada (BRUNETTO et al., 2009), mas não leva em consideração o tipo de solo, porta enxerto e cultivar (*Vitis labrusca* ou *Vitis viníferas*) (CQFS, 2016).

As videiras absorvem aproximadamente 6 kg de K2O para cada tonelada de fruto produzido (FREGONI, 1981). O potássio desempenha diversas funções fisiológicas nas plantas, como a regulação osmótica, ativação enzimática e síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995). Na videira, o potássio interfere na síntese de proteínas, causando a elevação de aminoácidos livres, afetando a maturação dos cachos, tornando pequenos e ácidos, afetando a qualidade do mosto (FREGONI, 1981). No mosto, o potássio influencia a concentração de açúcares (SST), pH, acidez total e teor de polifenóis totais (BOONTERM et al., 2010). O excesso da adubação potássica na videira causa um aumento da concentração de potássio na baga, aumentando o pH do mosto, prejudicando a estabilidade e a fermentação durante os processos de vinificação (MPELASOKA et al., 2003).

Os solos predominantes na Serra Gaúcha são Neossolos e Cambissolos, que apresentam altos teores de potássio trocáveis, mesmo em condições naturais (KORCHAGIN, 2019). Nestas condições a sua exportação é elevada e, mesmo assim, sua reposição é realizada anualmente pelos viticultores nos vinhedos em produção, uma vez que ocorre alta exportação pela baga. Por este motivo a resposta das videiras a adubações potássica é baixa (BOONTERM et al., 2010; CIOTTA et al., 2016). A campo, os técnicos geralmente associam o excesso da adubação potássica com a deficiência de Mg nas folhas jovens e até o dessecamento de ráquis, porém poucos trabalhos encontraram esta relação (HALL et al., 2011; BACHTELER et al., 2013).

O aumento da disponibilidade de K nos solos, principalmente sob áreas cultivadas com videiras americanas por longos períodos, tem demonstrado aumento dos teores deste nos solos (MELO et al., 2016). As altas adubações realizadas pelos produtores indicam a falta de calibração entre as doses exportadas pelas culturas e as adicionadas (AMBROSINI, et al., 2011). Isto justifica a ausência de relação entre os teores na folha de K em folhas completas de uvas viníferas, coletadas no florescimento e na mudança da cor das bagas, e a produtividade de uva conforme verificado por Brunetto et al., (2016). Isto indica que os experimentos de calibração da adubação em videiras devem ser conduzidos em solos com baixas concentrações dos nutrientes no solo, afim de se estabelecer os níveis de suficiência nos nutrientes em videiras cultivadas na Serra Gaúcha, RS.

O trabalho tem como objetivo avaliar a resposta a adubação potássica em videiras *Vitis vinífera* da variedade Prosecco, em um Cambissolo da Serra Gaúcha

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Farroupilha, na comunidade São Miguel, com a cultivar Prosecco, em seu primeiro ano de produção. Foram aplicados 5 tratamentos com adubação potássica, em blocos casualizados, delimitado com área de seis metros quadrados. Optou-se por definir a dimensão dos blocos por áreas, em função da desuniformidade no número de plantas entre as filas do vinhedo. Os tratamentos utilizados foram: Tratamento I - ausência de adubação potássica; Tratamento II - ½

dose de potássio recomendada pela CQFS (50 kg ha-1 ano de $K_2O$); Tratamento III - dose recomendada de potássio pela CQFS, 2016, (100 kg $ha^{-1}$ ano de $K_2O$); Tratamento IV - dobro da dose recomendada pela CQFS, 2016, (250 kg $ha^{-1}$ ano de $K_2O$); Tratamento V – quatros vezes a dose recomendada pela CQFS, 2016, (500 kg $ha^{-1}$ ano de $K_2O$). Os tratamentos foram aplicados na época recomendada pela CQFS (2016).

Antes da instalação do experimento, se efetuou as análises de solo, verificando a suas condições químicas. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-0,10 e 0,10 – 0,20 m, determinado o teor de K pelo extrator de $Mehlich^{-1}$ (TEDESCO et al.1995). A variedade de Prosecco é conduzida no sistema latada, apresentando disponibilidade de K de 66 mg $kg^{-1}$ de solo. Estes teores são classificados como baixo pela CQFS-RS/SC (2016).

Na maturação da uva, os cachos foram coletados para determinação da produção por planta, tamanho do cacho, número de bagas e peso de cacho. O rendimento relativo (rr) foi obtido usando a equação rr = (rt/rm) *100, onde rt é o rendimento do tratamento e rm é o rendimento máximo. Os resultados do rendimento relativo foram ajustados,

Quanto às análises físico-químicas do mosto, foi realizada a extração do mosto com prensagem das bagas em bandejas e separação dos sólidos da baga com o mosto extraído. Foi realizada a análise de cor, amostras centrifugadas a 3750 rpm equivalentes a 1855 xG pelo tempo de 10 minutos e as medidas avaliadas rm colorímetro portátil Konica Minolta® CR400 (Osaka, Japão) após calibração com placa de porcelana branca (CR-A43).

Os açúcares totais foram determinados via reação de feeling (MAPA, 2014). A acidez total titulável (ATT), representada pelo número de miliequivalente de base forte necessário para neutralizar a pH 7, Foram realizada via titulação do mosto com solução alcalina padronizada de NaOH 0,1N (RIBÉREAU-GAYON, et al. 2002).

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do mosto foi realizada por meio de um potenciômetro munido de eletrodo de vidro, após calibração com soluções tamponantes conhecidas de pH 4,0 e 7,0, mantendo a temperatura em 20oC, a qual é essencial para a representatividade do pH. A partir do mosto das bagas foi determinado o teor de sólidos solúveis totais (SST) utilizando um refractômetro digital, sendo os resultados expressos em °Brix, com base nos principais carboidratos presentes nos vacúolos celulares das bagas D-glicose e D-frutose, segundo metodologia proposta por Ribéreau-Gayon, et al. (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano do experimento, os parâmetros agronômicos são apresentados na Tabela 1.

A avaliação dos parâmetros agronômicos no primeiro ano do experimento, apenas a produtividade de uva no tratamento I diferiu estatisticamente dos tratamentos II e V, apresentando semelhança com os tratamentos III e IV. A produtividade dos tratamentos II, III, IV, e V não diferem estatisticamente entre si (Tabela 1).

O Peso dos cachos no tratamento I não apresentou diferença estatística com os tratamentos II e III, porém diferiu dos tratamentos IV e V. Os tratamentos II, III, IV e V não se diferem estatisticamente entre si.

Já o número de bagas por cacho diferiu estatisticamente entre o tratamento I e V, sendo que estes apresentam semelhanças com os demais tratamentos. Os parâmetros peso de cacho, comprimento de cacho não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Por outro lado, a largura dos cachos diferiu estatisticamente entre os tratamentos I e V. Os tratamentos I, II, III e IV, bem como os tratamen-

tos IV e V não diferiram estatisticamente entre si.

As análises do mosto são apresentadas na Tabela 2.

## CONCLUSÕES

A aplicação de potássio no solo, quando a disponibilidade de K estava abaixo do nível crítico proposto pela CQFS-RS/SC (2016), aumentou a produção de uvas, porém não respondeu a doses de fertilizantes.

## REFERÊNCIAS

Ambrosini, V.G.; Moraes, M.P.; Mezzari C.P.; Schmitt, D.E.; Guardini, R; Trentin G.; Comin, J.J.; Brunetto, G. Nível suficiência de fósforo e potássio no solo para videiras cultivadas no meio-oeste de santa catarina. 2011.

Boonterm, C.W. et al. Effects of nitrogen, potassium fertilizer, and clusters per vine on yield and anthocyanin content in 'Cabernet Sauvignon' grape, Suranaree. Journal Science Technology; 2010. v.17, n.2, p.155-163.

Brunetto, G.; Ceretta, C. A.; Kaminski, J.; Melo, G. W. B. De; Girotto, E.; Trentin, E. E.; Lourenzi, C. R.; Vieira, R. C. B.; Gatiboni, L. C. Produção e composição química da uva em videiras submetidas à adubação nitrogenada. Ciência Rural; 2009. v. 39, n. 7, p. 2035-2041.

Brunetto, G.; Girotto, E.; Melo, G. W. De; Santos, H. P. Dos; Ceretta, C. A.; Kaminski, J.; Vieira, R. C. B. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. Revista Brasileira de Fruticultura; 2008. v. 30, n. 4, p. 1119-1123.

Ciotta, M. N. ; Ceretta, Carlos A. ; Silva, L. O. S. ; Ferreira, P. A. A. ; Couto, R. R. ; Brunetto, G. . Grape yield, and must compounds of 'Cabernet Sauvignon' grapevine in sandy soil with potassium contents increasing. Ciência Rural; 2016. v. 46, p. 1376-1383.

CQFS – NRS - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados de Rio grande do Sul e Santa Catarina. Comissão de Química e fertilidade do solo – RS/SC.11ª edição. 2016. p. 376.

Fregoni, M. Nutrizione e Fertilizzazione della Vite. 1º Edição, Edagricole – Itália, 1980.

Hidalgo, L. Tratado de viticultura general. 3rd ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 1235p.

Korchagin, J.; Bortoluzzi, E. C.; Moterle, D. F.; Petry, C.; Caner, L.. Evidences of soil geochemistry and mineralogy changes caused by eucalyptus rhizosphere. Catena, 2019.

Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1995. p.89.

Melo, G. W. B. (Org.); Zalamena, J. (Org.) ; Brunetto, G. (Org.) ; Ceretta, C. A. (Org.) . Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. v. 1. p.138.

Meurer, E.J. & Anghinoni, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. R. Bras. Ci. Solo, 17:375-382, 1993.

Mpelasoka, B. S. et al. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Australian Journal of Grape and Wine Research; 2003. cap. 9. p.154–168.

Ribéreau-Gayon, P. Glories, Y.; Maujean, A.; Bubourdieu, D. Tratado de enología: química del vino, estabilización y tratamientos. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002. p. 177-188.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

**Tabela 1.** Parâmetros agronômicos avaliados na variedade Prosecco, safra 2020.

| Variáveis Analisadas | Doses de $K_2O$ aplicadas (kg $ha^{-1}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 50 | 100 | 250 | 500 |
| Produtividade (Kg $ha^{-1}$) | 9930 b | 14282 a | 11873 ab | 13082 ab | 14106 a |
| Peso dos Cachos ($g^{-1}$) | 97 a | 110 ab | 140 ab | 130 b | 160 b |
| Número de Bagas por cacho | 76,8 b | 87,7 ab | 91,2 ab | 92,2 ab | 101,9 a |
| Peso das Bagas ($g^{-1}$) | 1.1 a | 1,3 a | 1,4 a | 1,2 a | 1,3 a |
| Comprimento dos Cachos ($cm^{-1}$) | 13,8 a | 16,3 a | 15,3 a | 16,6 a | 16,5 b |
| Largura dos cachos ($cm^{-1}$) | 8,2 a | 9,4 a | 10,3 a | 10,1 ab | 10,7 b |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fonte: dados da pesquisa.

**Tabela 2.** Resultados da análise do mosto da variedade Prosecco, safra 2020.

| **Dose de K** | **Acidez total (meq/L)** | **pH** | **Brix** |
|---|---|---|---|
| 0 | 74,50 a | 3,28 a | 17,80 a |
| 50 | 73,00 a | 3,29 a | 15,55 a |
| 100 | 73,50 a | 3,30 a | 15,45 a |
| 250 | 73,00 a | 3,30 a | 18,70 a |
| 500 | 81,00 a | 3,28 a | 15,64 a |

Fonte: dados da pesquisa.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação Silicatada Potencializa a Nodulação e o Crescimento das Plantas de Soja

Vitória Carolina Dantas Alves[1]; Laura Martins Ferreira[1]; Fábio Steiner[2]

[1]Estudante do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6,4, Cassilândia-MS, CEP 79.540-000. E-mail: vi-alves99@live.com; [2]Professor do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). E-mail: steiner@uems.br

## INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] é uma das principais culturas oleaginosas do Brasil e do mundo, especialmente devido ao seu elevado teor de proteínas e de óleo nos grãos, e à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico ($N_2$) por meio do processo de simbiose com alguns microrganismos benéficos do solo (HUNGRIA; MENDES, 2015). Portanto, a adoção de práticas de manejo que podem otimizar o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) e aumentar a produtividade de grãos da cultura são importantes para a produção agrícola de soja no Brasil.

O processo de FBN da cultura da soja depende do adequado fornecimento de nutrientes. Esses nutrientes são essenciais para a interação simbiótica, tanto para a planta como para o microrganismo hospedeiro (NELWAMONDO; DAKORA, 1999). Com relação ao efeito da adubação silicatada, há evidências de que o silício (Si) pode ter efeito na simbiose *Bradyrhizobium*-soja e, portanto, pode ter capacidade de melhorar a fixação do $N_2$ pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp.

O Si não é considerado um elemento essencial para o crescimento das plantas. No entanto, este elemento tem tido efeitos benéficos no crescimento das plantas, especialmente em condições de ambientais estressantes (GONG et al., 2005). O efeito benéfico do Si na nodulação das plantas de soja está relacionado ao seu papel na modulação do metabolismo dos compostos fenólicos (ZHANG et al., 2013). O Si está envolvido na síntese e/ou nos processos bioquímicos dos isoflavonóides (BOCKHAVEN et al., 2013) e, portanto, tem influência na expressão dos genes *nod* relacionados à formação dos nódulos radiculares em plantas leguminosas (NELWAMONDO; DAKORA 1999). Além disso, os isoflavonóides liberados pelas raízes das plantas leguminosas servem como quimio-atrativos para as bactérias fixadoras de N (*Bradyrhizobium* sp.) (ECKARDT, 2006).

Nelwamondo & Dakora (1999) reportaram que a aplicação de Si resultou no aumento significativo no número de nódulos por planta, na matéria seca dos nódulos e na absorção do N pelas plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) quando inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. Lopes et al. (2011) também mostraram que a aplicação de Si resultou no aumento da nodulação, produção de matéria seca das raízes e na absorção de nutrientes pela plantas de estilosante [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.].

No entanto, os efeitos da adubação silicatada na melhoria da nodulação das plantas de soja ainda são incipientes e inconclusivos.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de investigar os efeitos da aplicação de silicato de cálcio e magnésio na nodulação e no crescimento de duas cultivares de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, em Cassilândia, MS (19º05'30" S; 51º48'50" W e altitude média de 540 m), no período de outubro a dezembro de 2019. Durante o experimento, as condições ambientais no interior da casa de vegetação foram: temperatura mínima de 19,4 ºC e máxima de 36,7 ºC, e umidade relativa do ar de 72% (± 5%).

Foram utilizados vasos plásticos com 8 L de capacidade, preenchidos com 7,5 dm3 de solo arenoso peneirado em malha de 4 mm, proveniente da camada superficial (0–0,20 m) de um Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (NQo), coletado em uma área de pastagem nativa sem histórico de cultivo agrícola. Solo de áreas sem histórico de uso agrícola é considerado ideal para investigar a interação entre a inoculação de bactérias fixadoras de N e a aplicação de nutrientes. As principais características químicas do solo foram: pH ($CaCl_2$) = 5,2, matéria orgânica = 20 g $dm^{-3}$, P (Mehlich-1) = 32 mg $dm^{-3}$, K = 0,20 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Ca = 3,70 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Mg = 1,60 $cmol_c$ $dm^{-3}$, H+Al = 2,60 $cmol_c$ $dm^{-3}$, CTC = 8,10 $cmol_c$ $dm^{-3}$ e V = 68%.

O solo foi fertilizado com 250 mg $dm^{-3}$ de P (superfosfato simples), 100 mg $dm^{-3}$ de K (cloreto de potássio), 30 mg $dm^{-3}$ de S (gesso agrícola), 2 mg $dm^{-3}$ de Cu (sulfato de cobre), 2 mg $dm^{-3}$ de Zn (sulfato de zinco), 1 mg $dm^{-3}$ de Mo (molibdato de amônio) e 1 mg $dm^{-3}$ de B (ácido bórico).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 2 × 2, com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois níveis de adubação silicatada [0 mg $kg^{-1}$ (controle) e 200 mg $kg^{-1}$] e por duas cultivares de soja [BRS 1074 IPRO (transgênica, Intacta RR2 PRO™, ciclo médio de 110 a 115 dias, e grupo de maturidade relativa de 7,4) e BRS-MG 800A (convencional, ciclo médio de 120 a 125 dias e grupo de maturidade relativa de 8,0)]. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 8 L contendo duas plantas, perfazendo um total de 24 vasos. Foi utilizado como fonte de silicato de cálcio e magnésio o AgroSilício Plus®, contendo 10,5% de Si, 25% de Ca e 6% de Mg. A quantidade de silicato aplicada foi incorporada em todo o volume de solo dos vasos, aos sete dias antes da semeadura da soja.

Sementes de soja previamente inoculadas com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum* foram semeadas no dia 14/10/2019 e aos sete dias após a emergência, realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. O teor de água do solo foi monitorado diariamente e mantido próximo da capacidade de retenção de água com irrigações diárias.

Aos 45 dias após a semeadura, no início do florescimento (R1), as plantas foram retiradas dos vasos, e as raízes lavadas em água corrente sobre peneiras com malha de 1,0 mm, para remoção do solo. Em seguida, foram mensuradas as seguintes características: número de folhas (NF), contando-se todas as folhas presentes na planta; altura de planta (AP), medindo-se a haste principal da região do coleto até o meristema apical com o auxílio de trena graduada em centímetro (cm); número de nódulos (NN), obtido pela contagem do número de nódulos presentes nas raízes. Em seguida, os nódulos foram destacados e colocados em estufa por 48 horas à 65 ºC com pesagem do material seco em balança

analítica com precisão de 0,0001 g e, então, determinado a massa seca por nódulo.

Para a mensuração da matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), as plantas foram seccionadas em folha, caule e raiz e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada à 65 °C por 72 h e, então, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. A matéria seca da parte aérea (MSPA) foi obtida com a soma da massa seca das folhas com a massa seca do caule.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.6 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFLA, Lavras, MG, BRA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância evidenciou que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre os fatores aplicação de silicato e cultivar de soja para todas as características mensuradas. A interação significativa entre estes fatores indica que as cultivares de soja possuem respostas distintas à adubação silicatada.

A aplicação de silicato de Ca e Mg aumentou o número de nódulos das plantas da cultivar BRS-MG 800A em 82% quando comparada ao tratamento controle sem silicato. Por sua vez, o número de nódulos na cultivar (BRS 1074 IPRO) não foi significativamente afetado ($p>0,05$) pela aplicação de silicato (Figura 1A). Embora a cultivar transgênica BRS 1074 IPRO não tenha respondido positivamente à aplicação de silicato, com aumento no número de nódulos por planta, esta cultivar teve nodulação semelhante a cultivar convencional (BRS-MG 800A), quando houve a aplicação de silicato. Esses resultados evidenciam o alto potencial de nodulação da cultivar de soja transgênica, quando comparada à convencional.

A resposta positiva na formação dos nódulos na cultivar BRS-MG 800A (convencional) pode estar relacionada ao efeito benéfico do Si na biossíntese e no metabolismo de compostos fenólicos, tais como os isoflavonóides (ZHANG et al., 2013). Os isoflavonóides liberados pelas raízes das plantas leguminosas possuem papel fundamental em diversos estágios do processo de nodulação das plantas, especialmente por atuar como um quimioatrativo para o rizóbio e por regular a expressão dos genes *nod* (NELWAMONDO; DAKORA, 1999, ECKARDT, 2006).

A aplicação de silicato de Ca e Mg resultou na maior produção de matéria seca de nódulos por planta (Figura 1B) e na maior matéria seca média por nódulo (Figura 1C) nas duas cultivares de soja quando comparada ao tratamento controle sem silicato. Os resultados monstraram que a aplicação de silicato resultou no aumento de 38% e 76% no tamanho dos nódulos radiculares de soja para as cultivares BRS-MG 800A e BRS 1074 IPRO, respectivamente, quando comparado ao controle não adubado com silicato (Figura 1C). Esses resultados indicaram que a aplicação do silicato melhorou a nodulação das duas cultivares de soja, melhorando o crescimento das plantas (Figura 2).

O efeito benéfico do silicato no processo de nodulação tem sido reportado em outras culturas legunisosas. Em feijão-caupi, Nelwamondo & Dakora (1999) mostraram que a aplicação de Si aumentou significativamente o número de nódulos e a matéria seca dos nódulos. Lopes et al. (2011) também constataram que a aplicação de silicato melhorou a nodulação das plantas de estilosante. Kurdali et al. (2013) afirmaram que o Si é um elemento crucial para o processo simbiótico, principalmente por potencializar a formação dos nódulos em plantas leguminosas.

As cultivares possuem respostas distintas à aplicação de silicato de Ca e Mg no solo, com relação ao crescimento e a produção de matéria seca (Figura 2). Resposta positiva à adubação silicatada na cultivar BRS 1074 IPRO (transgênica) foi observada para todas as características avaliadas, exceto para a matéria seca das raízes (Figura 2D). Por outro lado, a aplicação de silicato resultou apenas em efeito positivo no número de folhas por planta na cultivar BRS-MG 800A (Figura 2B), enquanto as plantas adubadas com silicato tiveram menor matéria seca das raízes, quando comparado ao tratamento controle sem aplicação de silicato (Figura 2D). Esses resultados indicam que a aplicação de silicato tem potencial para melhorar o crescimento e acúmulo de matéria seca das plantas de soja, no entanto, esse efeito benéfico é dependente da cultivar plantada.

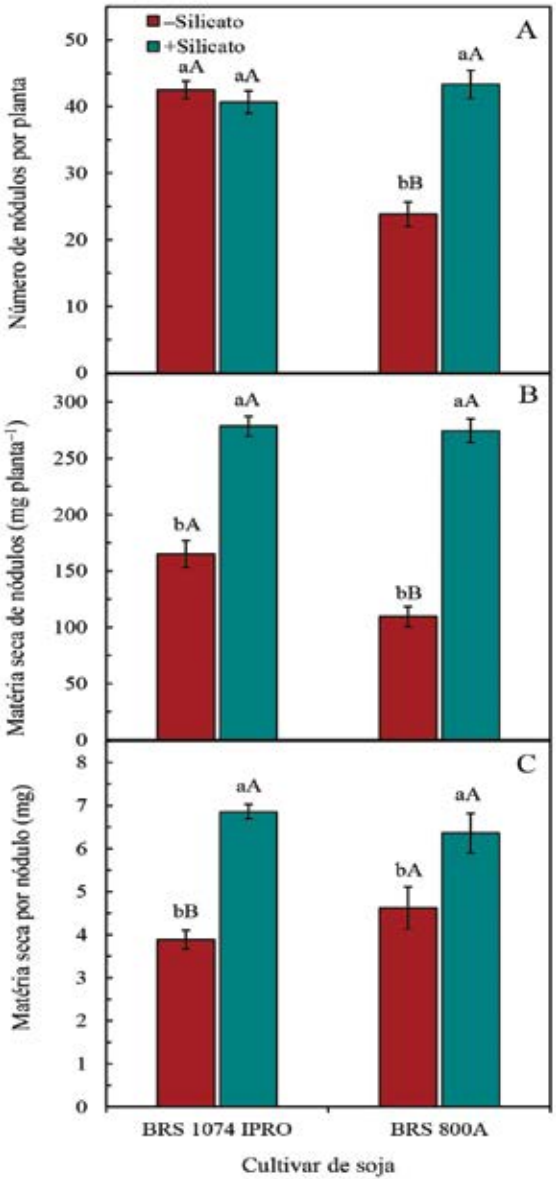



Figura 1. Número de nódulos (A), matéria seca de nódulos por planta (B) e matéria seca por nódulo (C) para as duas cultivares de soja em função da aplicação (+ silicato) ou não (– silicato) de silicato de cálcio e magnésio no solo. Barras seguidas da mesma letra minúscula para a adubação silicatada ou da mesma letra maiúscula, para as cultivares de soja, não são significativamente diferentes pelo teste F à 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

A adubação silicatada tem efeito benéfico na formação e no tamanho dos nódulos das cultivares de soja BRS 1074 IPRO (transgênica) e BRS-MG 800A (convencional).

A adubação silicatada tem potencial para melhorar o crescimento e a produção de matéria seca das plantas de soja, sendo a cultivar transgênica mais responsiva à aplicação de silicato de cálcio e magnésio.

## REFERÊNCIAS


Bockhaven J, Vleesschauwer D, Höfte M. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. J. Exp. Bot. 2013; 64:1281-1293.

Castro GSA, Crusciol CAC. Efeitos de aplicação superficial de calcário dolomítico e silicato de cálcio-magnésio em soja e milho em rotação com adubo verde em região tropical. Bragantia. 2015; 74:311-321.

Eckardt NA. The role of flavonoids in root nodule development and auxin transport in Medicago truncatula. Plant Cell. 2006; 18:1539-1540.

Gong HJ, Chen FM, Chen GC, Wang SM, Zhang CL. Effect of silicon on growth of wheat under drought. J. Plant Nutrit. 2003; 26:1055-1063.

Hungria M, Mendes IC. Fixação de nitrogênio com soja: a simbiose perfeita? In: Bruijn FJ. (Ed.). Fixações biológicas de nitrogênio. Ney Jersey: John Wiley & Sons, 2015. p. 1009-1021.

Kurdali F, Al-Chammaa M, Mouasess A. Growth and nitrogen fixation in silicon and/or potassium fed chickpeas grown under drought and well-watered conditions. J. Stress Physiol. Biochem. 2013; 9:385-406.

Lopes J, Evangelista AR, Fortes CA, Pinto JC, Furtini-Neto AE, Souza RM. Nodulação e produção de raízes do estilosantes Mineirão sob efeito de calagem, silicatagem e doses de fósforo. Ciênc. Agrotecnol. 2011; 35:99-107.

Nelwamondo A, Dakora FD. Silicon promotes nodule formation and nodule function in symbiotic cowpea (*Vigna unguiculata*). New Phytolog. 1999; 142:463-467.

Zhang G, Cui Y, Ding X, Dai Q. Stimulation of phenolic metabolism by silicon contributes to rice resistance to sheath blight. J. Plant Nutrit. Soil Sci. 2013; 176:118-124.

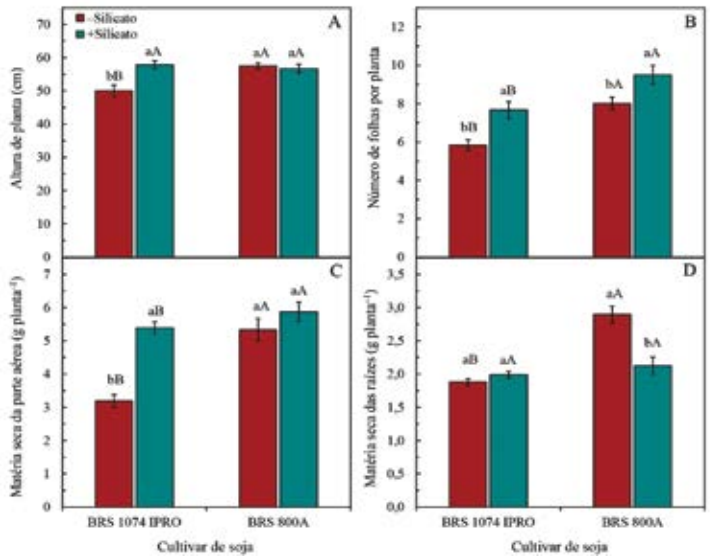




**Figura 2.** Altura de planta (A), número de folhas (B), matéria seca da parte aérea (C) e matéria seca das raízes (D) para as duas cultivares de soja em função da aplicação (+ silicato) ou não (– silicato) de silicato de cálcio e magnésio no solo. Barras seguidas da mesma letra minúscula para o uso de silicato ou da mesma letra maiúscula, para as cultivares de soja, não são significativamente diferentes pelo teste F à 5% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Alterações de Cobre e Zinco de um Latossolo Vermelho Distrófico após Aplicação de Dejeto Líquido de Suínos em Assis Chateaubriand - Paraná

Henrique Almeida Santos Ducheiko[1]; Leonardo Packer de Quadros[1]; Marcia Toffani Simão Soares[3]; Itamar Antonio Bognola[3]; Shizuo Maeda[3]; Guilherme Castro Andrade[4]

[1]Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Rua dos funcionários 1540 - Curitiba – Paraná, henriqueducheiko@hotmail.com,; [2]Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Paraná; [3]Engenheiros Agrônomos, Doutores, Pesquisadores da Embrapa Florestas, PR; [4]Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, PR

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o 4º maior produtor e exportador de carne suína do mundo (USDA 2020), com importante participação dos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. O oeste paranaense é responsável por 31,5% da produção e do rebanho suíno do estado, concentrados nos municípios de Toledo, Marechal Cândido Rondon, Nova Santa Rosa e Entre Rios do Oeste. Esta região, além de polo suinícola do estado também agrega atividades agroindustriais de avicultura, laticínios e grãos como milho e soja (Rocha, 2014), gerando grande demanda por energia térmica nos processos de aquecimento de silos e granjas.

O plantio e estabelecimento de florestas na região contribui para o fornecimento de matéria prima para suprir esta demanda, bem como oferece uma alternativa sustentável ao descarte dos resíduos gerados pela atividade suinícola, com potencial economia com a aquisição de fertilizantes minerais (Ecco, et al., 2020) manutenção ou aumento da fertilidade do solo (Scherer et al., 2010) e dos índices de produtividade de culturas agrícolas (Ceretta et al., 2005; Mondardo, 2011) e florestais (Soares et al., 2019). Para o segmento florestal, aspectos técnicos como doses, formas, épocas de aplicação não são ainda bem definidos (Soares et al., 2019), e os efeitos no solo pouco reportados, principalmente com relação aos micronutrientes (Sequeira et al., 2011). Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as modificações dos teores de cobre (Cu) e zinco (Zn) em um Latossolo Vermelho Distrófico sob aplicação de dejeto líquido de suínos (DLS) em povoamento de eucalipto clone AEC 144, no município de Assis Chateaubriand, PR.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio está sendo conduzido na Fazenda Piquiri, pertencente à Cooperativa Agroindustrial C. Vale, localizada no município de Assis Chateaubriand - PR, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri. As parcelas foram instaladas em área de reforma anteriormente cultivada com eucalipto por 12 anos (Soares et al., 2018 e 2019) sob Latossolo Vermelho Distrófico textura média/argilosa conforme Santos et al. (2013), com o relevo suave ondulado. O talhão onde foi instalado o experimento foi submetido previa-

mente ao controle da matocompetição e de formigas cortadeiras. Dos 27 aos 31 dias antes do plantio foi realizado calagem aplicada superficialmente com calcário dolomítico em uma totalidade de 2 Mg ha-1, incorporados na camada até 20 cm de solo, conforme resultados analíticos do solo e recomendação de adubação de espécies do gênero *Eucalyptus* (Bellote & Neves, 2001). A espécie florestal utilizada no experimento é *Eucalyptus urophylla*, clone AEC 144. O plantio das mudas ocorreu entre 14 e 15 de novembro de 2017 e as linhas de plantio foram definidas utilizando subsolador, com espaçamento de 2,5 m entre linhas e 2,4 m entre plantas (6 $m^2$).

O ensaio experimental foi conduzido com delineamento em blocos ao acaso, com dois blocos, sete tratamentos e três repetições, totalizando 42 parcelas. Os tratamentos avaliados corresponderam às doses 0, 10, 40 e 80 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS, sem suplementação mineral. O DLS foi obtido em sistemas de lagoas de estabilização em operação na Fazenda Piquiri.

A aplicação do resíduo ocorreu superficialmente, com o auxílio de regadores previamente calibrados e em cobertura, dois meses após o plantio da área (8 a 11 de janeiro de 2018). Amostras do líquido aplicado foram reunidas e encaminhadas à Merieux Nutrisciences (Curitiba/PR) para determinação da sua composição química. O DLS aplicado apresentou as seguintes características: pH (a 25ºC) 7,88, condutividade elétrica 5340 µs cm-1, Cobre 112 mg $L^{-1}$ e Zinco 149 mg L-1.

Amostras de solo foram coletadas entre 16 a 21 de abril de 2018 nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm do solo, e enviadas ao Laboratório de Análises de Solos da UFLA para determinação dos teores de Cu e Zn extraído por Mehlich-1, conforme Silva et al (2009).

### Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de regressão para obtenção da relação entre os teores dos nutrientes, em cada camada de solo, e a dose de DLS aplicada. A equação (linear ou quadrática) que melhor descreveu essa relação foi selecionada, em função da significância do teste ($p<0,05$) e do valor de $R^2$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de DLS resultou em expressivo aumento das concentrações de Cu e Zn na camada superficial do solo (0-5 cm), que apresentou valores até 10 vezes superiores ao Controle após 12 semanas de aplicação (**Figura 1**).

Foram retirados os valores considerados outliers pelo software R versão 3.6.1, discriminados para Cu na camada 0 a 5 cm (2,93, 4,48; 21,32), na camada 5 a 10 cm (3,09; 10,29), na camada 10 a 20 cm (4,80) e na camada 20 a 40 cm (4,48) enquanto para Zn foram retirados na camada 0 a 5 (34,80), na camada 5 a 10 (11,34) e na camada 10 a 20 (0,68; 0,18; 3,20). A partir dos dados retirados de ambos elementos foram gerados gráficos (**Figura 1**) bem como a tabela e os modelos matemáticos e para ambos íons, foi possível ajustar modelos quadrático e linear crescentes nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo (**Tabela 1**).

Verifica-se pelos modelos gerados para a camada 0-20 (**Tabela 2**), que a aplicação de DLS em até 15 $m^3$ $ha^{-1}$ (Cu) e 80 m3 ha-1 (Zn) permite a manutenção de teores de Cu e Zn do solo, classificados como "alto" por Pauletti & Motta (2017). Estes autores sugerem a aplicação de Cu e Zn na cultura do eucalipto em casos onde há histórico de deficiência destes íons na área de plantio.

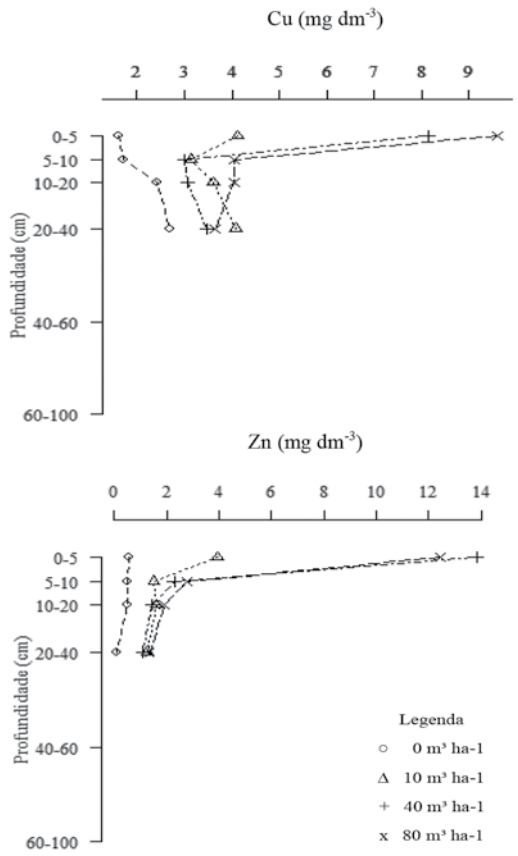



Figura 1. Concentrações de Cobre e Zinco disponíveis (Mehlich-1) em um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo de eucalipto, 12 semanas após a aplicação de dejeto líquido de suínos tratado (DLS).

O aumento de Cu e Zn verificado na camada 0-5 cm pode estar relacionado ao modo de aplicação do resíduo, na superfície e sem incorporação (Lourenzi et al., 2016). A afinidade de Cu e Zn aos grupos funcionais presentes na matéria orgânica do solo (Souza et al., 2012) pode também ter favorecido a retenção dos íons onde o evento foi observado. Para fins de planejamento e avaliação da capacidade de suporte do ambiente em reciclar o resíduo, é desejável que se dê continuidade ao monitoramento do solo sob uso de DLS.

## CONCLUSÃO

Nas condições estudadas, o uso de doses crescente de DLS no solo promove:

1- Aumentos expressivos nas concentrações e para Cu e Zn disponíveis (Mehlich-1) na camada 0 - 5 cm do solo;

2- Mobilidade destes nutrientes até a camada 10 - 20 cm do solo;

## AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Bioeste Florestas, uma parceria da Embrapa Florestas, Itaipu Binacional, CIBiogas e Funpar.

A Cooperativa Agroindustrial C. Vale pela área, pelo suporte da equipe técnica bem como dos insumos necessários na implementação e condução para o ensaio.

## REFERÊNCIAS

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 54).

Souza R.A. S. da, Bissani, C.A., Tedesco, M. J., Fontoura RC. Sequential extraction of zinc and copper in soils treated with sewage sludge and municipal solid waste compost. Quim Nova. 2012;35:308–314.

Ceretta, C.A., Basso, C. J., Pavinato, P.S, Trentin E.E, Girotto E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejeto líquido de suínos. Ciência Rural. 2005;35:1287–1295.

Ecco, M, Andrei, M, Massing, R, Brasil, C.S., Borsoi, A, Ebling, G.H. Uso de rejeitos da suinocultura em cultivo de soja no oeste??. Rev Bras Agropecuária Sustentável. 2019;119–127

Lourenzi C. R., Scherer E.E, Ceretta C.A., Tiecher T.L., Cancian A., Ferreira P.A., Brunetto G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejeto líquido de suínos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2016; 51:233-242.

Mondardo D, Castagnara DD, de Oliveira PSR, Zoz T, Mesquita EE. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejeto líquido suíno. Revista Ciência Agron. 2011;42:509–517.

Pauletti V; Motta ACV. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2017.

ROCHA, F. M. Oeste em desenvolvimento. Boletim de conjuntura econômica regional do oeste do Paraná. 2014. Foz do Iguaçu – PR: FPTI; UNIOESTE, 2014.

Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Cunha, T. J. F.; Oliveiras, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p

Sequeira, C. H., Baros, N. F., Neves, J. C. L., Novais, R. F., Silva, I. R., & Alley, M. (2011). Micronutrient Soil-Test Levels and Eucalyptus Foliar Contents. Communications in Soil Science and Plant Analysis, *42(4), 475–488*. doi:10.1080/00103624.2011.542227

Scherer E.E., Nesi C.N., Massotti Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2010;34:1375–1383.

Silva, F.C. da (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

Soares, M.T.S., Maeda S, Francisco A, Bellote J, Guilherme , Andrade C, Itamar;Bognola A, Sérgio; Fassina H. Desenvolvimento inicial de eucalipto submetido à fertilização química e aplicação de dejetos líquidos de suínos. 2018; 313–315.

Soares M.T.S., Maeda S, Belote AFJ, Andrade GC, Gomes JB V, Fassina SH. Resposta inicial do eucalipto após aplicação de dejetos líquidos de suínos no oeste do Paraná. Vi Siger. 2019;468–471.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery – Acesso em: 05 Mai, 2020.

**Tabela 1.** Modelos de regressão (linear e quadrática) entre doses de dejeto líquido de suínos tratado (DLS) e concentrações de Cobre e Zinco disponíveis (Mehlich-1) em Latossolo Vermelho Distrófico, 12 semanas após sua aplicação[1]

| Camada | Equações | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu (mg $dm^{-3}$) | $R^2$ | n | Zn (mg $dm^{-3}$) | $R^2$ | n |
| 0 a 5 | $Y= -0,001x^2 + 0,19x + 2,43$ | 0,80* | 21 | $Y= -0,004x^2 + 0,48x + 0,65$ | 0,68* | 23 |
| 5 a 10 | $Y= 0,0001x^2 - 8e^{-4}x + 2,84$ | 0,40* | 22 | $Y= -0,0001x^2 + 0,03x + 1,30$ | 0,58* | 23 |
| 10 a 20 | $Y= 0,0003x^2 - 0,017x + 3,45$ | 0,40* | 23 | $Y= 0,005x + 1,41$ | 0,24** | 20 |
| 20 a 40 | - | n.s. | | - | n.s. | |

(1) significativa a 1% (*) e 5% (**) de probabilidade; (n) = número de observações.

**Tabela 2.** Modelos de regressão (quadrática) entre doses de dejeto líquido de suínos tratado (DLS) e concentrações de Cobre e Zinco disponíveis (Mehlich-1) em Latossolo Vermelho Distrófico, 12 semanas após sua aplicação[1]

| Camada | Equações | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu (mg $dm^{-3}$) | $R^2$ | n | Zn (mg $dm^{-3}$) | $R^2$ | n |
| 0 a 20 | $y = -0,0005x2 + 0,0692x + 2,1144$ | 0,42* | 18 | $y = 0,0475x + 1,7801$ | 0,62* | 19 |

(1) significativa a 1% (*), (n) = número de observações.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise de Crescimento e Marcha de Absorção de Nutrientes em Plantas de Tomate Fertirrigado Híbrido 'Coronel'

Camila Moreira[1]; Marlova Bernardi[2]; Leandro Hahn[3]

[1]Estudante de Agronomia da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp). Endereço: Rodovia SC 350, km 183, Cerro Branco, Caçador-SC. E-mail: camilamoreiraa0310@gmail.com; [2]Engenheira Agrônoma, Autônoma; [3]Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp.

## INTRODUÇÃO

A região do Alto Vale do Rio do Peixe-SC, é produtora tradicional de tomate cultivado a campo na safra de verão. O custo de produção de tomate na região na safra 2018-2019 foi calculado em R$ 105.834,33 $ha^{-1}$ ou R$ 10,58 $planta^{-1}$ (HORTIFRUTI BRASIL, 2019) e tem aumentado significativamente, por dois motivos: ser essa uma cultura bastante suscetível ao ataque de pragas e doenças e também por ser exigente em nutrientes para seu desenvolvimento; os gastos relacionados a esses fatores acabam por diminuir a competitividade dos tomaticultores da região perante a concorrência na produção de tomate em outras regiões do país (BECKER et al., 2016).

O custo com fertilizantes aliado à prática de fertirrigação na cultura do tomate representa aproximadamente 12% do custo total (HORTIFRUTI BRASIL, 2019). Diante disso, existe a necessidade de aprimorar conhecimentos científicos e buscar tecnologias que permitam a produção competitiva desta importante hortaliça produzida em SC. Desta forma, a aplicação de nutrientes de acordo com as necessidades das novas cultivares recomendadas para a região, é uma estratégia para aumentar a competitividade da produção e a eficiência da aplicação de fertilizantes.

O tomate híbrido 'Coronel' é de hábito de crescimento indeterminado do tipo Salada. Na safra 2020-2021, prevê-se que 70% da área de tomate de SC sejam cultivados com este híbrido (SEMINIS, 2020, comunicação pessoal). Para tanto, conhecer a curva ou marcha de absorção de nutrientes é de fundamental importância, pois as informações obtidas durante o crescimento das plantas levam em consideração sua exigência nutricional em seus diferentes estádios fenológicos, sinalizando as épocas de maior exigência à adição de nutrientes. Entretanto, é importante destacar que a quantidade e a proporcionalidade dos nutrientes absorvidos são determinadas por algumas características intrínsecas do vegetal, como, também, dos fatores externos que condicionam o processo como, por exemplo, as condições climáticas enfrentadas no decorrer do ciclo de cultivo (PURQUERIO, 2016).

O objetivo deste trabalho foi determinar a massa seca da parte aérea e frutos e o acúmulo de nutrientes em folhas, haste e frutos ao longo do ciclo produtivo do híbrido de tomate 'Coronel'.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de tomate da Epagri/Estação Experimental de Caçador-SC, em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. O solo do local é classificado em Nitossolo Bruno distrófico (EMBRAPA, 2013) e apresentou as seguintes características na camada de 0-20 cm de profundidade: argila 50%, pH em água 5,1, MO 3,7%, P Mehlich-1 5,2 mg $dm^{-3}$, K Mehlich-1 412,0 mg $dm^{-3}$, Ca 5,8 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Mg 2,1 $cmol_c$ $dm^{-3}$, CTC pH 7,0 12,93 $cmol_c$ $dm^{-3}$.

Os tratamentos foram constituídos de 10 épocas de coleta (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126 e 140 dias após o plantio). Foram avaliadas cinco plantas nas três primeiras avaliações e três plantas nas demais. A adubação foi de acordo com Becker et al., (2016), com 550, 800 e 400 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$, respectivamente. 50% do P aplicado em área total e incorporado numa camada de 20 cm de profundidade antes da cultura da aveia, e 50% no sulco de plantio do tomate na forma superfosfato triplo. A fonte de N foi nitrato de amônio e o K na forma de cloreto de potássio, ambos aplicados em fertirrigação. A frequência de fertirrigação foi de 1x por semana, manejada com o uso de tensiômetros e a quantidade de água calculada a partir da evapotranspiração da cultura.

As mudas foram transplantadas em sulcos em área manejada com sistema de plantio direto sobre palhada de aveia-preta. As plantas foram conduzidas com duas hastes e tutoradas verticalmente com bambu. O tomate foi conduzido em filas duplas no espaçamento de 1,0 m entre linhas, 0,6 m entre plantas e 2,0 m entre linhas-duplas, totalizando 11.111 plantas $ha^{-1}$.

Em cada época de coleta, avaliouseca de folhas, haste e frutos após secagem em estufa a 65 oC. A determinação dos teores de nutrientes nos diferentes órgãos das plantas foi acordo com Tedesco et al., 1995. Os resultado dos teores de nutrientes foram multiplicados pela massa seca do caule, folhas e frutos, para gerar a quantidade de nutrientes acumulada nas diferentes partes da planta de tomate em cada período.

Os dados foram submetidos à ANOVA, com interação entre os 10 períodos de coleta x três partes da planta. Modelos de regressão não lineares foram testados (Gaussiano, Sigmoidal Logístico e Lorentzian) empregado o critério de informação de Akaike (AIC), sendo considerado mais adequado o modelo com o menor valor de AIC. Foi realizada a análise de diagnóstico para verificar possíveis tendências ou falta de ajuste dos modelos empregados. O progra versão 3.0.3 (TEAM RDC, 2014) ao nível de 5% de significância foi usado para as análises estatísticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo sigmoidal, pelo menor valor de AIC, explica o acúmulo de massa seca da **(Figura 1)** e nutrientes **(Figura 2)** do tomate 'Coronel'.

A parte aérea (folhas+hastes) atingiu o máximo de massa seca em torno de 80 DAT, mantendo estável até o término do ciclo de avaliação do tomate **(Figura 1)**. Já a massa seca de frutos e massa total, atingiram o pico aos 140 DAT. Com o início do processo reprodutivo, os carboidratos e outros compostos são translocados das folhas para os frutos (GRANGEIRO; CECÍLIO 2005). Desse modo, os frutos passam a ser o maior dreno de nutrientes aos 87 DAT, quando a massa seca dos frutos passa a ser maior em relação à parte aérea.

Pela multiplicação dos teores de nutrientes das folhas, hastes e frutos alcançados disponível destas partes, obteve-se o acúmulo de macro **(Figura 2)** e micronutrientes **(Figura 3)** totais por planta. Aos 140 DAT, nutriente mais acumulado (43,2 g/planta), seguido por N (30,8 g/planta), Ca (18,0 g/planta), Mg (5,1 g/planta) e P (3,9 g/planta).

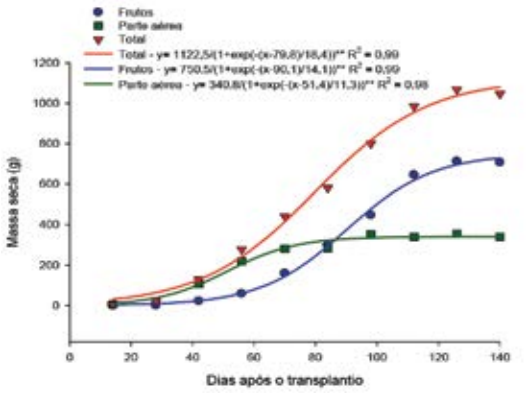



Figura 1. Massa seca de frutos, parte aérea (folhas+hastes) e total do híbrido Coronel em função de dias após o transplantio.

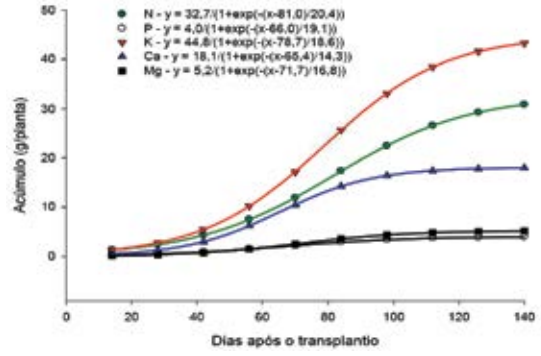



Figura 2. Acúmulo de macronutrientes por planta do híbrido Coronel em função de dias após o transplantio.

Entre os micronutrientes, a sequência de elementos acumulados em maior quantidade foi: Cu (98,5 mg planta$^{-1}$), Mn (91,7 mg planta$^{-1}$), Fe (67,5 mg planta$^{-1}$), B (42,9 mg planta$^{-1}$) e Zn (32,6 mg planta$^{-1}$). A multiplicação do número de plantas por hectare (11.1111 plantas) pela quantidade de nutrientes totais acumulados por planta resulta no acúmulo total de nutrientes por hectare. As quantidades, em ordem decrescente foram: K (480,2 kg ha$^{-1}$), N (342,4 kg ha$^{-1}$), Ca (199,9 kg ha), Mg (57,0 kg ha$^{-1}$) e P (43,6 kg ha$^{-1}$), Cu (1094,1 g ha-1), Mn (1018,7 e g ha$^{-1}$), Fe (750,2 g ha$^{-1}$), B (476,6 g ha$^{-1}$) e Zn (362,5 g ha$^{-1}$).

Resultado semelhante na ordem decrescente e acúmulo de nutrientes na parte aérea em tomate foi obtido por Fayad et al. (2002): K, N, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, alcançando os valores máximos de 360; 206; 202; 49; 32; 29 kg ha$^{-1}$; 3.415; 2.173; 1.967 e 500 g ha-1, respectivamente.

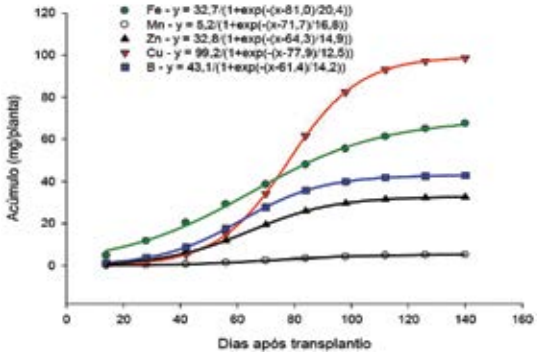



Figura 3. Acúmulo de micronutrientes por planta do híbrido Coronel em função de dias após o transplantio.

A taxa de acúmulo de macro (Figura 4) e micronutrientes (Figura 5) em intervalos de 14 dias possibilita identificar os períodos de crescimento da cultura com maior demanda de nutrientes. Destaca-se a alta demanda de K no terço intermediário do ciclo do 'Coronel', com um pico de absorção aos 84 DAT, que coincide com o período de máximo enchimento de frutos. Este período de maior absorção de nutrientes foi observado em quantidade de dias semelhantes ao trabalho de Silva (2017), em que N, P, K, Ca, Mg e S em 'Minotauro' foram atingidas, respectivamente, aos 89, 92, 93, 77, 73 e 77 DAT.

O principal objetivo da determinação da marcha de absorção de nutrientes de um híbrido de tomate é poder orientar técnicos e produtores sobre recomendações de adubação. A partir dos resultados da taxa de acúmulo de massa seca e nutrientes da presente pesquisa, pode-se fazer uma recomendação para aplicação de fertilizantes de acordo com a necessidade das plantas de 'Coronel', permitindo a obtenção de altos rendi-

mentos de frutos de alta qualidade, com maior rentabilidade ao tomaticultor.

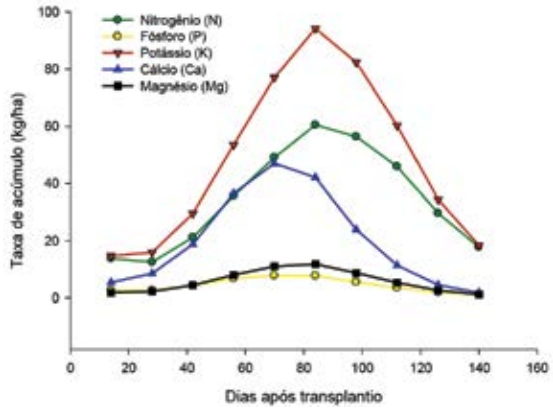



Figura 4. Taxa de acúmulo a cada 14 dias de macronutrientes do híbrido Coronel em função de dias após o transplantio.

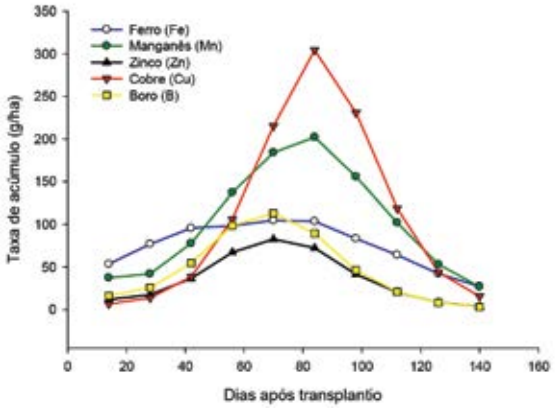



Figura 5. Taxa de acúmulo a cada 14 dias de macronutrientes do híbrido Coronel em função de dias após o transplantio.

## CONCLUSÕES

A massa seca da parte aérea e de frutos atinge o máximo de acúmulo aos 80 e 140 DAT, respectivamente.

Para uma população de 11.111 plantas ha-1. o K é o macronutriente (480,2 kg $ha^{-1}$) mais acumulado, seguido pelo N (342,4 kg $ha^{-1}$), Ca (199,9 kg $ha^{-1}$), Mg (57,0 kg $ha^{-1}$) e P (43, kg $ha^{-1}$). Entre os micronutrientes, Cu (1094,1 g $ha^{-1}$) foi o mais acumulado, seguido por Mn (1094,1 g $ha^{-1}$), Fe (1094,1 g $ha^{-1}$), B (476,6 g$ha^{-1}$) e Zn (362,5 g $ha^{-1}$).

## REFERÊNCIAS

Becker W, Wamser AF, Feltrim AL, Mueller S. Sistema de Produção Integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri; 2016.

Embrapa. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Sistema brasileiro de classificação de solos Brasília, DF. Embrapa; 2013, p.353.

Fayad JA, Fontes PCR, Cardoso AA, Finger FL, Ferreira FA. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. Hort Bras, 2002;20(1):90 10.1590/S0102-05362002000100017.

Grangeiro LC, Cecílio Filho AB. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. Hort Bras, 2005;23(3):76310.1590/S0102-05362005000300015.

Hortifruti Brasil. Custo de produção de tomate em Caçador - SC, pequena e larga escala. Cepea-Esalq/USP:SP, 2019; 18, 190, 4-17, [Acessado em: 20 de jun. 2020]. Disponível em: https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-junho-custos-das-hortalicas-sobemrentabilidade-e-boa-em-2019.aspx.

Purquerio, LFV. Absorção de nutrientes pelo híbrido de tomate Arendell. Campinas: IAC, 2016.

Silva BFI. Acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo por tomateiros do grupo salada [dissertação mestrado]. Campinas; 2017; p. 66.

Tedesco, MJ, Gianello C, Bissani CA, Volkweiss SJ. Analysis of soil, plants materials. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos; 1995.

Team Rdc R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; 2014. [Acessado em: 2 de fev. 2020]. Disponível em: http://www.Rproject.org/.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise de Solo em Propriedades da Região Serrana e do Planalto Médio do Rio Grande do Sul

Vanessa Battistella[1]; Lucas André Riggo Piton[2]; Luana Dalacorte[3]

[1]Acadêmica do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau, Av. Julio Borella, 1968, Centro, Marau - RS, vanessabattistela@cesurg.com; [2]Acadêmico do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau; [3]Docente do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau.

## INTRODUÇÃO

As características químicas e físicas do solo apresentam variabilidade espacial como consequência de processos pedogenéticos (MAUSBACH; WILDING, 1991). Essas características se manifestam nas direções horizontal e vertical, mas podem ser alteradas pelas ações antrópicas, mediante o uso e manejo do solo (JAMES; WELLS, 1990).

O solo é um recurso natural, de grande importância para a sustentabilidade ambiental, alguns atributos são muito sensíveis às alterações e manejos realizados nos solos, entre eles a densidade do solo, porosidade, estabilidade de agregados e análise da fertilidade (ALCARDE, 1998). O Brasil se destaca na produção agrícola, por conter um solo fértil, porém para sua manutenção, são necessárias análises de características como a granulometria e a composição química do mesmo (OLIVEIRA, 2013).

A análise de solo é uma prática recomendada a fim de proporcionar ao produtor melhor tomada de decisão. Este é o método mais antigo e tradicional usado para a avaliação da fertilidade do solo, é a partir deste que são feitas as recomendações adequadas de adubação e correção de uma propriedade, visando a otimização da área produtiva.

A análise de solo, apesar de sua importância, não é executada em todas as áreas agrícolas, conhecer quais são os fatores que dificultam a utilização de análises de solo pelo produtor, poderá fornecer informações relevantes para a recomendação técnica no campo. O objetivo do trabalho é avaliar a utilização da análise física e química de solo pelos produtores rurais da Região Serrana e Planalto Médio do Rio Grande do Sul e verificar quais são os principais problemas encontrados no momento da execução das análises de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de questionário, onde foram coletados dados de 47 produtores que residem em diferentes localidades dos municípios de Casca, Santo Antônio do Palma, Marau, Paraí, Serafina Corrêa, São Domingos do Sul, Vila Maria, Muçum e Vespasiano Corrêa, todas pertencentes ao estado do Rio Grande do Sul.

A pesquisa de campo foi realizada no período de abril a outubro de 2017, o questionário foi aplicado aos produtores de forma individual, sendo formado por 11 questões:

1) O produtor realiza análise de solo e em quais culturas?

2) Qual o tipo de análise de solo você realiza e qual a frequência?

4) Quem faz a coleta de solo?

5) Em quantos pontos é realizada a coleta para obter uma amostra?

6) Qual a profundidade de coleta do solo?

7) Qual o principal instrumento utilizado na coleta?

8) O produtor reconhece a importância da análise de solo?

9) Quem faz a interpretação dos resultados da análise de solo para o produtor?

10) O produtor segue as recomendações técnicas após a interpretação da análise? Ou seja, realiza adubação e calagem segundo a análise?

11) Após adotar a análise de solo a produtividade aumentou?

As respostas dos produtores foram transformadas em porcentagens, onde foi gerado um gráfico para cada questão aplicada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram entrevistados 47 produtores rurais, escolhidos aleatoriamente que residem em municípios localizados na área de transição entre a Região Serrana e o Planalto Médio do Rio Grande do Sul - Brasil. Dos 47 produtores entrevistados, apenas um produtor diz não realizar análise de solo.

Para os 46 produtores entrevistados, a adoção da análise é realizada em áreas de cultura de lavoura, provavelmente por ser a atividade agrícola mais utilizada na região estudada. Foi possível identificar que 80% dos produtores entrevistados realizam a análise de solo para mais de duas culturas. Já, os produtores que fazem para uma cultura o total são de 20% (Figura 1).

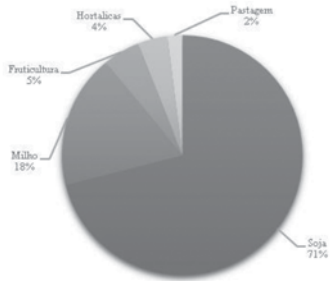



**Figura 1.** Uso agrícola das áreas onde os produtores realizam a análise de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A frequência de realização da análise química do solo foi de 38% realizada anualmente, 60% a cada dois anos, 2% a cada 3 ou mais anos (Figura 2). Provavelmente, a maior execução de essas análises serem a cada dois anos, se deve a validade bancária da análise química para custeio agrícola ser deste período.

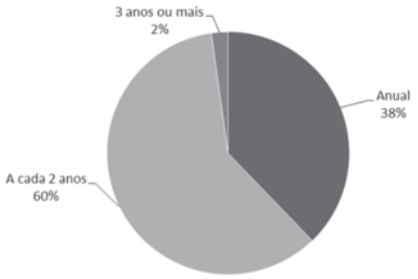



**Figura 2.** Frequência de realização da análise química de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Apenas 60% dos produtores entrevistados realizam a análise física de solo. A frequência da realização demonstra que 14% dos produtores realizam análise física anualmente, 18% a cada dois anos, 68% a cada três ou mais anos (Figura 3).

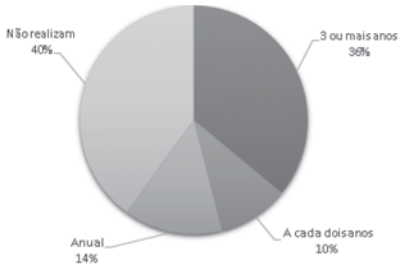



**Figura 3.** Frequência da realização da análise física, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A coleta do solo é realizada pelo produtor em 56% das propriedades estudadas, 4% coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo da Emater e 40% são coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo de empresa privada (Figura 4). O produtor é a pessoa que com maior frequência realiza a coleta de solo. Porém, problemas de amostragem podem ocorrer pela falta de orientação técnica, prejudicando, por exemplo, o número de subamostras, a contaminação de amostras ou o desconhecimento da profundidade de coleta.

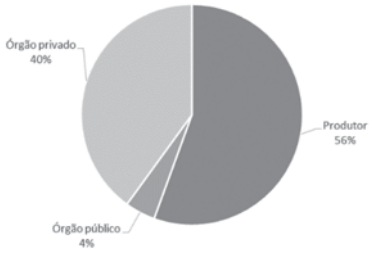



**Figura 4.** Responsável pela coleta da amostra de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Em relação ao número de subamostras para compor uma amostra, 49% dos produtores coletam solo em menos de 5 pontos, 24% entre 5 e 10 pontos e 27% em mais de 10 pontos (Figura 5). O baixo número de subamostras para compor uma amostra, demonstra a não representatividade correta do solo coletado. Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) quando o solo é amostrado ao acaso, os limites de inferência estatística são atendidos com a coleta de 10 a 20 amostras subamostras (15 em média). A aplicação localizada de fertilizantes nas linhas de semeadura aumenta a variabilidade horizontal dos valores de teor de nutrientes em solos com plantio direto, sobretudo no sentido perpendicular às linhas de semeadura. Isso é mais marcante para os nutrientes com baixa mobilidade no solo e maior efeito residual, como o P e o K (SALET et al., 1996; KRAY et al., 1998). Quando poucos pontos são amostrados, há maiores chances de erro nos resultados químicos que representam o local de cultivo.

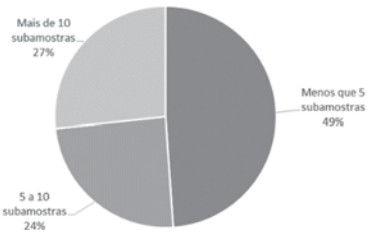



**Figura 5.** Quantidade de subamostras coletadas para compor uma amostra, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A avaliação da profundidade de coleta do solo demonstra que 75% dos produtores de soja e 50% dos produtores de milho optam por realizar a coleta de solo de 0-20 cm em áreas de plantio direto consolidado, sem estratificação desta profundidade (Tabela 1). A coleta de até 20 cm pode diluir o resultado químico destas amostras, considerando que as raízes em sua grande maioria estão presentes e absorvem os nutrientes dos primeiros 10 cm de profundidade. Considerando que adequada representatividade da amostra composta está diretamente relacionada com a qualidade das amostras simples (GUARÇONI et al., 2006), não somente o número de sub amostras é importante, mas também a profundidade

de solo coletada em cada ponto que irá compor a amostra representativa da área agrícola.

**Tabela 1.** Profundidades de coleta de solo realizadas nas culturas de soja, milho, horticultura, fruticultura e pastagem, Região Serrana e Planalto Médio do RS, 2017.

| Profundidade | Soja | Milho | Horticultura | Fruticultura | Pastagem |
|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | |
| 0-10 cm | 25 | 50 | - | - | - |
| 0-20 cm | 75 | 50 | 100 | - | 100 |
| 0>20 cm | - | - | - | 100 | - |

Como instrumento de coleta, o uso da pá-de-corte foi de 38%, coleta com trado 42%, e com quadrículo ou trado mecanizado de 20% dos produtores (Figura 6). Percebe-se um avanço no uso de quadriciclos ou trados mecanizados na coleta de solo, permitindo mais agilidade e facilidade nesta atividade. O cuidado para evitar perdas de solo e representar adequadamente a camada amostrada é essencial, o trado caneca é um aliado nessa etapa, pois é provido de garras nas extremidades, não deixando o solo cair (SBCS, 2016).

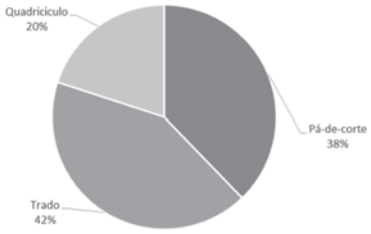



**Figura 6.** Instrumento utilizado para coleta das amostras de solo na Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Os resultados das análises são interpretados 31% por técnicos de órgãos públicos e 62% por técnicos da assistência privada, e 7% são interpretados pelo próprio produtor (Figura 7). Percebe-se que o maior responsável pela interpretação dos resultados é o profissional de órgãos privados, provavelmente pela procura do produtor, onde será realizada a compra de fertilizantes e corretivos.

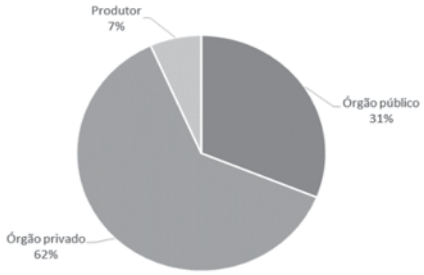



**Figura 7.** Interpretação da análise Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Todos os produtores rurais entrevistados que realizam análise dizem seguir as recomendações profissionais de adubação e calagem conforme a análise de solo, reconhecendo sua importância e identificando aumento de produção ou economia no momento da compra de corretivos e fertilizantes.

## CONCLUSÕES

A realização da análise de solo por produtores rurais da região de transição do Planalto Médio e Região Serrana em mais de 60% dos produtores rurais não é anual, apresentando carência da caracterização química para recomendação de corretivos e fertilizantes em áreas com cultivos agrícolas anuais.

Os principais problemas identificados na coleta e uso da análise de solo são:

- Realização de um baixo número de subamostras coletadas;

- Profundidade de coleta diferente da recomendação técnica em sistema plantio direto.

A conscientização de produtores rurais e a execução da coleta do solo ser realizada por técnico capacitado é fundamental para garantir resultados confiáveis da caracterização do solo.

## REFERÊNCIAS

Alcarde, MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO: Coleta da amostra de solo Amostragem, interpretação, recomendação de calagem e adubação. Disponível em: http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20131111121702.pdf. Acesso em: 15 nov. 2016.

Guarçoni MA, Alvarez VVH, Novais RF, Cantarutti RB, Leite HG, Freire FM. Definição da dimensão do indivíduo solo e determinação do número de amostras simples necessário à sua representação. R. Bras. Ci. Solo, 30:943-954, 2006.

James DW, Wells KL. Soil sample collection and handling: Technique based on source and degree of field variability. In: WESTERMAN, R.L., ed. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1990. p.25-44. (SSSA Book Series, 3).

Kray CH, Salet RL, Anghinoni I. Variabilidade horizontal e amostragem do solo dirigida no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 6p. (Relatório de pesquisa).

Mausbach MJ, Wilding LP. Spatial variabilities of soils and landforms. Madison, Soil Science Society of America, 1991. 270p. (SSSA Special Publication, 28).

Oliveira G. Tipos de Solos Brasileiros, 2013. Disponível em http://www.estudopratico.com.br/tipos-de-solos-do-brasil/. Acesso em: nov 2016.

Salet RL, Kray CH, Fornari TG, Conte E, Kochhann RA, Anghinoni I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos Expandidos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.74-76.

SBCS (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul. 2016. 11ª edição. Acesso em 15 nov. 2016.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Biochar como Potencializador de Fertilizantes Influenciando o Estoque de Carbono em Produção Florestal

Lucia Helena Wiecheteck[1]; Heverton FernandoMelo[2]; Fabrício Tondello Barbosa[3]; Neyde Fabiola Balarezo Giarola[3]

[1]Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR., Avenida General Carlos Cavalcanti, 4.748, 84030-900, Ponta Grossa – PR, Campus Uvaranas, luwick@gmail.com;
[2]Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.
[3]Professor do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## INTRODUÇÃO

O biocarvão é capaz de reter os fertilizantes nos grupos carboxílicos e fenólicos, carregados negativamente, diminuindo a lixiviação e melhorando a eficiência dos mesmos (LIMA et al. 2013).

A presença de altos teores totais de fósforo, cálcio, magnésio e zinco, podem sofrer interações e não transmitir alta disponibilidade às plantas, sendo o biocarvão um auxiliador no equilíbrio destas interações, disponibilizando nutrientes retidos para a solução do solo, pois atua no complexo de trocas como um coloide, com retenção de água e nutrientes nos micro e mesoporos de superfície (GLASER et al., 2000).

A estrutura porosa do biochar, com diversos grupos funcionais, (JOSEPH et al., 2013; DING et al., 2016), quando adicionado ao solo, sobre o fósforo tem o potencial de protegê-lo da adsorção imediata com óxidos de ferro e alumínio, e favorecer a liberação lenta, facilitando a adsorção pelas plantas.

Esta associação apresenta eficiência sincronizada com a liberação e desenvolvimento da cultura, podendo haver efeito residual para cultivos posteriores (GUIMARÃES et al., 2017), pois as perdas são reduzidas, considerando para o nitrogênio eficiência de 40% via fertilizante, com

perda de 60% por lixiviação, volatilização, erosão, desnitrificação ou imobilização na matéria orgânica (CARVALHO et al., 2018).

A aplicação de biocarvão é considerada uma maneira de sequestrar carbono e também melhorar as funções do solo (VERHEIJEN et al., 2010), e a permanência do carbono em estruturas aromáticas, por longos anos, leva a retenção prolongada do carbono no solo.

A adubação com fonte mineral é prática normal nos plantios de eucalipto das principais regiões produtores do país, contrapondo as fontes orgânicas de adubação de solo, que embora recomendadas (BELLOTE; NEVES, 2001), são raramente utilizadas.

As doses de fertilizantes utilizados na produção de eucalipto, tem uma considerável representatividade nos custos de produção e associações entre doses de fertilizantes e biocarvão podem trazer vantages ao sistema de produção, que em produção florestal começa a ser pesquisado (EMBRAPA, 2019).

A exigência nutricional depende da taxa de crescimento e da eficiência de conversão do nutriente em biomassa.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi verificar a capacidade do biochar em favorecer a utilização de fertilizantes de forma mais adequada, com redução da dose, aumentando os estoques de carbono sob floresta de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo ocorreu no Norte do Paraná, sobre Latossolo Vermelho amarelo, em área sob floresta plantada de eucalipto, com três doses de fertilizantes associados a áreas com biochar (CB) e sem biochar (SB), comparando-os a uma área que correspondeu ao tempo zero do experimento (AR), sob pastagem. Para tanto, foram coletadas amostras de solo dos tratamentos com biocarvão e sem biocarvão que receberam: FP= fertilização padrão comercial (100% de adubação que correspondeu a 150 g planta$^{-1}$ de NPK 04-42-06 aos 15 dias, 200 g planta$^{-1}$ de 15-05-30 + 1% de B e Zn aos 90 dias e 110 g planta$^{-1}$ de KCl aos 9 meses; FR= fertilização reduzida (80% de fertilização ou 20% de redução da adubação padrão) e SF= sem adubação (0% de adubação), combinados com a dose de 3,2 Mg ha$^{-1}$ de biochar.

O estoque de carbono do solo foi determinado pelo método descrito por Carvalho et al. (2009), e as avaliações seguiram o delineamento em faixas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento proposto, e quando a ANOVA foi significativa, aplicou-se Dunnett a 5% comparando a AR (area no tempo zero com *Brachiaria sp.*) com as áreas plantadas com eucalipto (CB e SB) e os níveis de fertilização (FP, FR e SF). A normalidade dos dados foi testada por Shapiro-Wilk a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de carbono foi significativo em 0- 0,2m para os níveis de fertilização ($p<0,01$), e a AR apresentou o menor índice. A área SB teve aumento de 1,45 Mg ha$^{-1}$ (3,06%) e a área CB o aumento foi de 4,05 Mg ha$^{-1}$ (8,56%) a mais que a AR (Figura 1A).

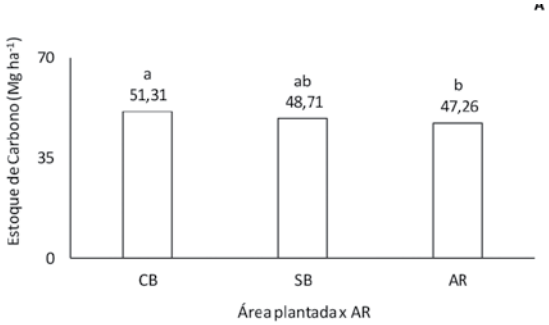



**Figura 1 A:** Estoque de carbono (0-0,2m) em função da presença/ausência de biochar. Áreas CB-com biocarvão, SB-sem biocarvão e AR-área no tempo zero.

As áreas CB apresentaram maior índice numérico para os estoques de carbono, embora não tenham diferido estatisticamente das áreas SB. Especula-se a degradação da AR, uma vez que a mesma em tempo zero apresentava pastagem, que pode estar em processo de degradação, pelos menores estoques de carbono.

A aplicação de biocarvão é considerada uma maneira de sequestrar carbono e também melhorar as funções do solo (VERHEIJEN et al., 2010). A permanência do carbono em estruturas aromáticas, como no carvão vegetal, por longos anos, leva a retenção prolongada do carbono no solo. A alta superfície específica, garante grande quantidade de sítios quimicamente reativos e alta porosidade, diminuindo emissões de gases de efeito estufa (GAO et al., 2016).

Segundo Mangrich; Maia; Novotny (2011) o mecanismo que confere ao biocarvão capacidade de atuar no sequestro de carbono é a alta estabilidade química, apresentando uma estrutura interna estável, semelhante ao grafite, e uma

estrutura periférica reativa, pela presença de diferentes grupos químicos capazes de se ligar a substâncias orgânicas, à água e a elementos químicos que atuam como nutrientes para as plantas.

Observando os níveis de fertilização, a menor média ocorreu na FP e a maior média na FR, com diferença de 8,34 Mg $ha^{-1}$ entre ambas. A diferença numérica entre FR e SF foi 4,09 Mg $ha^{-1}$, embora as médias não tenham diferido.

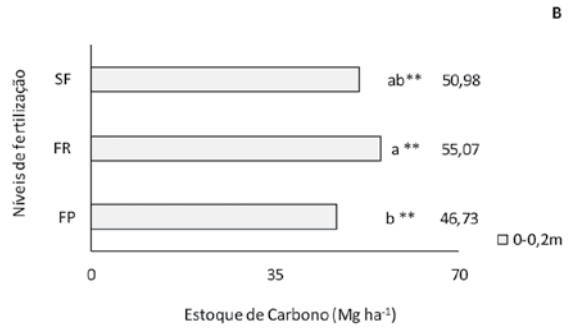



Figura 1 B: Estoque de carbono (0-0,2m) em função dos níveis de fertilização. FP-fertilização padrão, FR-fertilização reduzida e SF-sem fertilização. Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% pelo teste Dunnett. **significativo (p<0,01).

A FR apresentou o maior índice de estoque de carbono quando comparado a FP. Em solos com certa fertilidade, grande proporção de atributos químicos e físicos são estáveis e respostas significativas causadas pelo uso de fertilizantes podem ser difícil de perceber a curto e médio prazos, com as maiores respostas esperadas a longo prazo.

Cada solo tem um limite de capacidade para o estoque de carbono, que pode ser alcançado com a utilização de fertilizantes e corretivos, à medida que aumentam o rendimento em massa de brotos e raízes da cultura (CASTRO et al., 2015) no caso eucalipto.

A ausência da diferença entre a FR e SF denota o efeito das plantas de eucalipto em aumentar seu sistema radicular, consequentemente a área de exploração do solo, resultando em maior interação das raízes com o solo e com a fauna, elevando os estoques de carbono. Embora a FP tenha apresentado os menores índices, o aumento do sistema radicular das plantas, foi percebido nos três níveis de fertilização.

Trazzi et al. (2014) concluíram que o biocarvão pode aumentar a retenção de água em solos propensos a menor armazenamento, favorecendo a produtividade de biomassa das plantas pela melhoria dos atributos do solo ou de um possível efeito eletrofisiológico (LEHMANN; JOSEPH, 2009), com aumento na disponibilidade de nutrientes pela alteração da biota do solo, diminuindo as perdas de nutrientes por lixiviação e promovendo aumentos no teor de matéria orgânica, mesmo em solo arenoso (OMIL, PIÑEIRO; MERINO, 2013).

Pode ainda promover condições adequadas à proliferação de bactérias e fungos, atuantes na mineralização da matéria orgânica (LEHMANN; JOSEPH, 2009), agindo como um ímã, aumentando a fertilidade do solo, favorecendo o crescimento de diversas variedades de plantas (ANDRADE, 2015), ou mesmo fornecendo nutrientes inerentes que compõem o próprio biocarvão tais como nitrogênio, potássio e fósforo essenciais ao crescimento vegetal (TRAZZI, 2014), aumentando assim a matéria orgânica.

Segundo Zhang et al. (2014) a estimulação da biodiversidade e atividade microbiana presente no biocarvão, ocorre pela sorção de nutrientes e substâncias orgânicas polares, capazes de fornecer suprimento energético aos microrganismos, aumentando os estoques de carbono.

## CONCLUSÕES

A associação de níveis de fertilização com o biocarvão pode apresentar resposta promissora quanto a melhor aproveitamento dos nutrientes, como representar uma redução na aplicação dos mesmos com um melhor gerenciamento de uti-

lização pela planta, apresentando maiores estoques de carbono.

## REFERÊNCIAS


Andrade, C. A.et al. Mineralização e efeito do biochar de cama de frango sobre a capacidade de troca catiônica. Pesq. Agrop. Bras., 50: 407-416, 2015.

Bellote, A. F. J.; Neves, E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. Circular técnica Embrapa, 2001.

Carvalho, J. L. N. et al. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. Soil Tillage Res., 103:342-349, 2009.

Carvalho, R. S. de. Produção e caracterização de biocarvão de bagaço de laranja para utilização no pós-tratamento de água residuária. 2018.150f. Tese (Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Sergipe, São Cristovão, 2018.

Castro, G. S. A. et al. Management impacts on soil organic matter of tropical soils. Vadose Zone Journal, v.14, p.1-8, 2015.

Ding, Y. et al. Biocarvão to improve soil fertility. A review. Agronomy for Sustainable Development, v. 36 n.2, p.36, 2016.

Gao, S. et al. Locally produced wood biochar increases nutrient retention and availability in agricultural soils of the San Juan Islands, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 233: 43, 2016.

Glaser, B. et al. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. Org Geochem., 31:669-678, 2000.

Guimarães, R. S. et al. Efeito Residual de Biocarvão e Pó de Serra nos Teores de Carbono e Nitrogênio Total em Latossolo Amarelo na Amazônia. Rev. Virtual Quim. v 9, n 5:1944-1956, 2017.

Embrapa. Transferência de tecnologia Florestal: Eucalipto. Disponível em: http:// embrapa.br/transferência_de_tecnologia/eucalipto/tema. Acesso em: 29 maio 2019.

Joseph, S. D. et al. Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. Carbon Management, 4(3):323-343, 2013.

Lehmann, J; Joseph, S. Biocarvão for environmental management. Science &Technology. (Earthscan: London), 2009.

Lima, S. L. et al. Biochar as substitute for organic matter in the com position of substrates for seedlings. Acta Scientia, v. 35, n. 3. Jul/sep, 2013.

Mangrich, A. S. et al. Biocarvão as terras pretas de índio e o sequestro de carbono. Ciência Hoje, v. 47, p. 48-52, 2011.

Omil, B. et al. Soil and tree responses to the application of wood ash containing charcoal in two soils with contrasting properties. Forest Ecology and Management, v. 295, p.199–212. 2013.

Trazzi, P. A. Uso do biocarvão na produção de mudas e no crescimento inicial de *Pinus taeda* L. 2014. 119f. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Verheijen, F.et al. Biochar Application to Soils. A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 144, 175, 2010.

Zhang, J, et al. Humification characterization of biochar and itspotencial as a composting amendment. Journal of Environmental Sciences, 26: 390-397, 2014.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Biochar e *Azospirillum Brasilense*: Efeitos nos Atributos Químicos do Solo e na Massa Seca de Milho

Igor Polla Marcelino[1]; Arcângelo Loss[2]; Marcio Antonio Nogueira Andrade[3]; Cledimar Rogério Lourenzi[4]; Marcelo Godinho[5]; Lucas de Matos Siebeneichler[6]

[1]Mestrando, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. igorpolla@gmail.com, Rod. Admar Gonzaga, 1346 –Itacorubi - Florianópolis-SC – Brasil, 88034-000; [2]Professor Associado – PGA-UFSC, arcangelo.loss@ufsc.br; [3]Pesquisador - CFH-UFSC; [4]Professor Associado – PGA-UFSC; [5]Professor Adjunto – PGEPROTEC- Universidade de Caxias do Sul (UCS); [6]Discente do curso de Agronomia -UFSC

## INTRODUÇÃO

Entre os desafios atuais para um desenvolvimento sustentável está o alinhamento da produção de alimentos com a diminuição de adubos solúveis e o tratamento de resíduos agrícolas adequado, de forma a manter ou aumentar a produtividade de alimentos sem comprometer a saúde dos solos e qualidade ambiental. Neste sentido, o uso de organismos como as bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV) e o tratamento de resíduos com reaproveitamento agrícola, mostram-se como promissores. Um dos tratamentos viáveis é a conversão destes resíduos em biocarvão, um produto da pirólise de biomassa (preferencialmente residual) com quantidade de 02 controlada (IBI, 2015).

O uso do biochar e das BPCV resulta em melhoria dos atributos edáficos, redução da biodisponibilidade de contaminantes ambientais e das perdas por lixiviação de nutrientes no solo, e promove o aumento da produtividade das culturas em solos altamente intemperizados (IPPOLITO et al., 2012). O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de biocarvões oriundos da pirólise de cama de aviário e de digestato de biomassa residual de criações suinícolas, além da sinergia entre esses biocarvões, o digestato líquido e a BPCV *Azospirillum brasilense*, nos atributos químicos do solo e na produção de massa seca de milho crioulo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de Argissolo Vermelho-Amarelo na camada de 0-10 cm, que apresentava pH 5,20, saturação por Al e por bases 14 e 40%, respectivamente, N=2,20 g $kg^{-1}$, P=7,0 mg $dm^{-3}$, K=159,0 mg $dm^{-3}$, areia, silte e argila igual a 750, 70 e 180 g $kg^{-1}$, respectivamente. O solo foi seco, destorroado e peneirado (2,00 mm) para posteriormente ser usado em vasos de 8 L para o plantio de sementes de milho crioulo variedade Amarelinho, oriundo de São Bonifácio, SC.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 7 x 2, com 4 repetições cada, sendo cinco tratamentos de aplicação de digestato líquido de suínos (DS) e biocarvão oriundo da pirólise de cama de aviário (BC) e biocarvão de DS (BD), além de um tratamento

com adubação mineral e calagem (NPK) aplicado na dose de 200 kg.ha$^{-1}$ de $P_2O_5$, 70 kg ha$^{-1}$ de N, 60 kg ha$^{-1}$ de $K_2O$ e 4,2 t ha$^{-1}$ de calcário, e um tratamento controle. Todos esses tratamentos foram combinados com dois tratamentos de inoculação (com e sem inoculação de *A. brasilense* na semente do milho).

Foi usado um inoculante comercial que contém a bactéria *Azospirillum brasilense* das estirpes Abv5 e Abv6 com 2.10$^8$ células viáveis por ml. Os biocarvões foram pirolisados à temperatura de 400°C. Para os tratamentos BC e BD foi aplicada a quantidade de P recomendado pelo Manual de Calagem e Adubação (CQFSRS/SC, 2016), resultando em uma aplicação de 11,22 g (3,72 t ha$^{-1}$) de BC e 8,68 g (2,87 t ha$^{-1}$) de BD, para BC+DS e BD+DS, com e sem inoculante, foram usadas as respectivas quantidades de biocarvão e digestato de suíno em estado líquido em cada vaso: 5,61 g e 20,94 ml para BC+DS e 4,34 g e 20,94 ml para BD+DS. Tais quantidades supriram 52% da demanda de P e forneceram mais da metade do N demandado pela planta. O DS foi aplicado em uma quantidade de 41,88 ml por vaso (equivalente à 13 m$^3$ ha$^{-1}$), relativo à 2% da demanda de P e 50% da demanda de N. Para o NPK, a correção do solo foi feita de acordo com os resultados das análises químicas e a recomendação à cultura do milho (CQFSRS/SC, 2016).

A irrigação foi mantida em 60% da capacidade de campo do solo. O experimento durou 123 dias. Após esse período foram avaliadas a massa seca total das plantas de milho (parte aérea e raiz). O material foi seco em estufa de circulação de ar forçado até atingir peso seco constante. O solo de cada vaso foi seco a sombra, destorroado e peneirado (2,00 mm). Posteriormente, foram quantificados a saturação por bases e a saturação por Al (CQFSRS/SC, 2016), determinado o pH e os teores de N, P e K (Tedesco et al., 1995).

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Lilliefors e Barttlet, respectivamente. Em seguida foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e, os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Scott-Knott a 5%, utilizando-se o software Sisvar 5.6. Quando houve interação significativa entre tratamentos e inoculação, procedeu-se o desdobramento da interação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH nos tratamentos com inoculação foram maiores no NPK e menores na Test e DS. Os tratamentos com biocarvão e as misturas apresentaram valores de pH superiores a Test e ao DS sozinho. Nos tratamentos sem inoculação verificaram-se maiores valores de pH para NPK>BD>BC=BCDS=BDDS>DS>Test. Quando considerado o fator inoculação, BD apresentou pH maior na ausência da inoculação, e os tratamentos NPK e Test apresentaram maiores valores de pH quando inoculados (Tabela 1).

Os maiores valores de pH nos biocarvões em relação a Test e DS (Tabela 1) podem ser devidos aos seus valores de pH que são elevados, sendo que o DS tem pH 6,6 e BC e BD, 8,2 e 8,5, respectivamente. Além dos maiores valores de pH, os biocarvões também são ricos em grupos fenólicos e carboxílicos que podem complexar o H+ e o Al trocável com suas cargas negativas, diminuindo a saturação por alumínio e aumentando a saturação por bases, conforme evidenciado neste estudo, quando comparam-se os resultados dos tratamentos com biocarvões (BD e BC) com somente DS e Test (Tabela 1). Estes resultados indicam que o biocarvão apresenta efeito corretivo de acidez do solo, como também foi evidenciado por Glaser et al. (2002).

**Tabela 1.** Valores médios[(1)] de pH, saturação por Al e por bases em função dos tratamentos e da inoculação com *Azozpirillum brasilense*.

| Trat. | pH | | Sat. Al | V% |
|---|---|---|---|---|
| | Com | Sem | (%) | |
| BC | 5,32bA | 5,32cA | 14,84c | 52,37b |
| BD | 5,30bB | 5,43bA | 10,90d | 53,88b |
| DS | 5,21cA | 5,12dA | 23,62a | 48,75c |
| NPK | 6,52aA | 6,38aB | 0,73e | 84,63a |
| BCDS | 5,29bA | 5,28cA | 19,53b | 50,25c |
| BDDS | 5,36bA | 5,32cA | 18,87b | 48,50c |
| Test. | 5,17cA | 5,02eB | 24,86a | 47,37c |
| CV (%) | 1,26 | | 10,54 | 3,59 |

[(1)]Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Trat=tratamentos; BC: biocarvão de cama de aviário, BD: biocarvão de digestato, BCDS; biocarvão de cama de aviário+digestato, BDDS: biocarvão de digestato+digestato, DS: digestato, NPK:tratamento com doses recomendadas de N, P, K e calagem, Test: testemunha, CV= coeficiente de variação.

Os menores valores de saturação por Al e maiores valores de V% nos tratamentos com BC e BD em relação a Test (Tabela 1) evidenciam a importância do biocarvão para diminuir os teores de Al tóxico no solo e aumentar a capacidade de troca catiônica - CTC (PETTER; MADARI, 2012). A maior saturação por bases nos solos só com biocarvão deve-se possivelmente à adição de nutrientes através do biocarvão e à maior CTC potencial causada pela adição destes ao solo, conforme relatado por Schulz & Glaser, (2012).

A concentração de N no solo, nos tratamentos com inoculação, apresentou o seguinte padrão: DS>BD=BDDS=Test>BCDS>BC=NPK. Para os tratamentos sem inoculação, verificaram-se maiores teores de N em BC=BD=DS=Test>NPK=BCDS>BDDS (Figura 1). Esse menor valor de N no tratamento BDDS poderia indicar uma maior labilidade do C do biocarvão de digestato adicionado, ocasionando uma imobilização do N mais lábil do digestato. Porém, o mesmo comportamento não aconteceu mediante a presença do inoculante, que pode ter favorecido a atividade da nitrato-redutase, aumentando a disponibilidade de N e compensado essa imobilização.

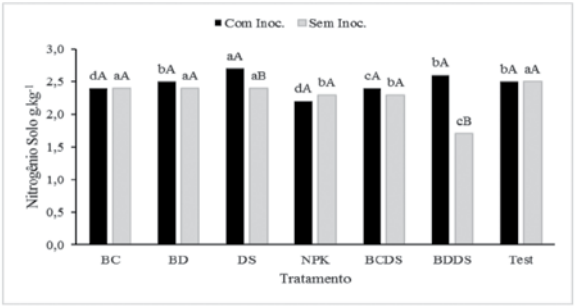



**Figura 1.** Valores médios de N no solo em função dos tratamentos e da inoculação com *Azozpirillum brasilense*. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para os tratamentos e maiúsculas para inoculação não diferem entre si (Scott-Knott, $p < 0,05$). Legenda: BC: biocarvão de cama de aviário, BD: biocarvão de digestato, BCDS; biocarvão de cama de aviário+digestato, BDDS: biocarvão de digestato+digestato, DS: digestato, NPK:tratamento com doses recomendadas de N, P, K e calagem, Test: testemunha.

A inoculação favoreceu maiores valores de N apenas nos tratamentos com DS e BDDS (Figura 1).

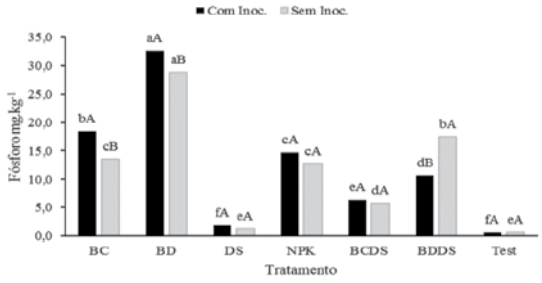



**Figura 2.** Valores médios de P disponível no solo em função dos tratamentos e da inoculação com *Azozpirillum brasilense*. Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas para os tratamentos e minúsculas para inoculação não diferem entre si (Scott-Knott, $p<0,05$). Legenda: BC: biocarvão de cama de aviário, BD: biocarvão de digestato, BCDS; biocarvão de cama de aviário+digestato, BDDS: biocarvão de digestato+digestato, DS: digestato, NPK:tratamento com doses recomendadas de N, P, K e calagem, Test: testemunha.

Com inoculação, os maiores valores de P foram nos tratamentos com biocarvão (BD>BC),

seguido de NPK>BDDS>BCDS>DS=Test (Figura 2). Nos tratamentos sem inoculação, os valores de P no solo apresentaram o seguinte padrão: BD>BDDS>BC=NPK>BCDS>DS=Test.

Biocarvões de origem animal tendem a ter níveis de P disponíveis maiores quando comparados a outros tipos de biocarvão, como de biomassa de plantas (GAO et al., 2019). Outro fator relevante passível de explicar o aumento da absorção de P na presença do biocarvão seria um aumento da micorrização em solos com pouca disponibilidade de nutrientes e/ou com maiores quantidades de biocarvão adicionados (BLACKWELL et al., 2015).

A inoculação favoreceu maiores valores de P nos tratamentos que tinham somente biocarvão. A aplicação só dos biocarvões mostra uma sinergia positiva quando aplicados com milho inoculados com *Azospirillum brasilense* na solubilização de P do solo e/ou do P presente no biocarvão. Bactérias do gênero *Azospirillum* têm demonstrado poder em produção de ácido glucônico, podendo solubilizar o fósforo de fosfato de rocha (RODRIGUEZ et al., 2004), de calcário, mármore e fosfato de cálcio in vitro (CHANG; LI, 1998).

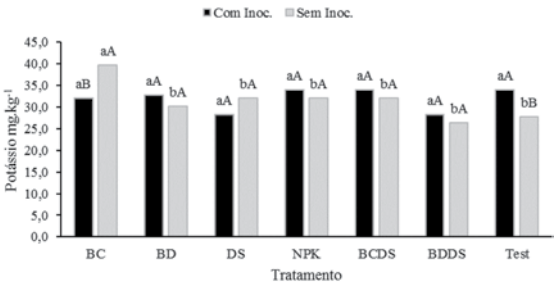



Figura 3. Valores médios de K no solo em função dos tratamentos e da inoculação com *Azozpirillum brasilense*. Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas para os tratamentos e minúsculas para inoculação não diferem estatisticamente entre si (Scott-Knott, p<0,05). Legenda: BC: biocarvão de cama de aviário, BD: biocarvão de digestato, BCDS; biocarvão de cama de aviário+digestato, BDDS: biocarvão de digestato+digestato, DS: digestato, NPK:tratamento com doses recomendadas de N, P, K e calagem, Test: testemunha.

Para o K, nos tratamentos sem inoculação, o BC apresentou o maior valor em relação aos demais tratamentos. A inoculação na testemunha favoreceu maiores valores, enquanto em BC a relação foi inversa (Figura 3). A maior quantidade de K no BC indica que isso se refletiu em maiores quantidades disponíveis no solo.

Em relação à massa seca total das plantas de milho, os tratamentos inoculados de BC, BCDS e NPK apresentaram desempenho iguais, indicando uma forte relação da presença do biocarvão de cama de aviário na produção total de biomassa, equiparável com a recomendação de calagem e adubação. Os demais tratamentos foram todos superiores em relação a Test. Para os tratamentos sem inoculação, BC apresentou o melhor desempenho, com a maior quantidade total de massa seca, ficando acima, inclusive, do tratamento com NPK. E novamente todos os tratamentos com biocarvões sozinhos ou em mistura com DS foram superiores a Test (Figura 4).

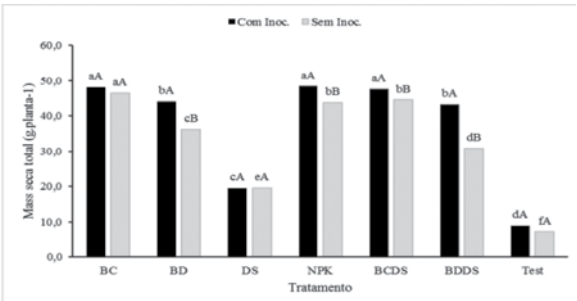



Figura 4. Valores médios de massa seca total (raiz + parte aérea) em função dos tratamentos e da inoculação com *Azozpirillum brasilense*. Médias seguidas de mesma letra minúsculas para os tratamentos e maiúsculas para inoculação não diferem entre si (Scott-Knott, p<0,05). Legenda: BC: biocarvão de cama de aviário, BD: biocarvão de digestato, BCDS; biocarvão de cama de aviário+digestato, BDDS: biocarvão de digestato+digestato, DS: digestato, NPK:tratamento com doses recomendadas de N, P, K e calagem, Test: testemunha.

A inoculação foi fator positivo determinante em quase todos os tratamentos que utilizaram algum tipo de biocarvão, exceto BC, que não apresentou diferenças estatísticas entre com e sem inoculação.

## CONCLUSÕES

O uso de biocarvão de cama de aviário (BC) e de digestato de dejetos suínos (BD) no cultivo de milho crioulo aumentou o pH e a saturação por bases, e reduziu a saturação por Al no solo, além disponibilizar maiores quantidades de P, em comparação a testemunha.

Todos os tratamentos com biocarvões sozinhos ou em mistura com DS aumentaram a produção de massa seca do milho crioulo em comparação a testemunha.

O inoculante com *Azospirillum brasilense* favoreceu maiores quantidades de P nos tratamentos somente com biocarvões.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* aumentou a produção de massa de milho crioulo somente para BD, NPK e as misturas dos biocarvões com DS.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPQ pela bolsa de mestrado; Ao projeto P14 Biogás Itapiranga – Eletrosul/UFSC, pelo apoio financeiro no projeto de mestrado; Ao Professor Dr. Marcelo Godinho (UCS), pela disponibilização do reator de pirólise e suporte técnico; Ao MIP da UFSC pelo espaço na Casa de Vegetação.

## REFERÊNCIAS

Blackwell P, Stephen JP, Munroe P, Hossain M, Storer RJ, Gilkes ZM. Influences of biochar and biochar-mineral complex on mycorrhizal colonisation and nutrition of wheat and sorghum. Pedosphere, 2015:25; 686-695.

Chang TT, Li CY. Weathering of limestone, marble, and calcium phosphate by ectomycorrhizal fungi and associated microorganisms. Taiwan J For Sci, 1998;13:85-90.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo -RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016, 375p.

Gao SI, Deluca TH, Cleveland CC. Biochar additions alter phosphorus and nitrogen availability in agricultural ecosystems: A meta-analysis. Sci Total Environment, 2019;654:463-472.

IBI. International Biochar Initiative. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil, versão 2.1. IBI, 2015.

Ippolito, JA, Laird DA, Busscher, WJ. Environmental benefits of biochar. Journal of environmental quality, 2012:41,967-972.

Petter FA, Madari BE. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. R Bras Eng Agríc Amb, 2012;16:761-768.

Rodriguez H. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium Azospirillum spp. Naturwissenschaften, 2004;91:552-555

Schulz H, Glaser B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. J Plant Nutr Soil Sci, 2012;75:410-422.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Biofertilizante formulado com farinha de peixe eleva a atividade microbiana do solo e promove o crescimento de plantas de rúcula

Alexandre Visconti[1]; Rafael Ricardo Cantú[2]; Rafael Gustavo Ferreira Morales[3]; Euclides Schallenberger[4]

[1]Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Rodovia Antônio Heil, 6800, Bairro Itaipava, Itajaí-SC, CEP, E-mail: visconti@epagri.sc.gov.br; [2]Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Rodovia Antônio Heil, 6800, Bairro Itaipava, Itajaí-SC, CEP, E-mail: rrcantu@epagri.sc.gov.br; [3]Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Rodovia Antônio Heil, 6800, Bairro Itaipava, Itajaí-SC, CEP, E-mail: morales@epagri.sc.gov.br; [4]Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Rodovia Antônio Heil, 6800, Bairro Itaipava, Itajaí-SC, CEP, E-mail: schallenberger@epagri.sc.gov.br.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados na agropecuária são reciclados naturalmente, com ação na melhoria das características físico-químicas de solos, porém parte significativa é descartada como lixo, poluindo os ecossistemas, desprezando seu potencial como inibidor de patógenos de plantas (BAILEY & LAZAROVITS, 2003).

Os resíduos marinhos seguem eventualmente a mesma tendência de descarte, com destino para lixões ou despejados no mar sem tratamento. Esses resíduos são constituídos de frações significativas de carbono, proteínas, cálcio, vitaminas, macro e micronutrientes, mas possuem também em sua composição elevado teor de água e gorduras insaturadas facilmente oxidadas, constituindo-se de material altamente perecível, capazes de gerar grande impacto poluidor se inadequadamente descartados no ambiente, porém, com evidente utilidade na agricultura, quando convertidos em fertilizantes orgânicos (ABBASI et al., 2004; ABBASI et al.; 2006).

A análise da atividade microbiana por diacetato de fluoresceína (SCHNÜRER & ROSSWALL, 1982) é um excelente bioindicador da qualidade do solo, pois avalia a atividade celular, pois a hidrólise é realizada por diversa enzimas, com correlação direta com a produtividade (GHINI et al., 1997)

## MATERIAL E MÉTODOS

**Produção do biofertilizante aeróbio** – para o preparo de 100 litros de cada biofertilizante foi adotado a fórmula: 94 litros de água; 1,0 Kg de composto orgânico; 2,0 kg de farelo de arroz; 1,0 Kg de torta de mamona; 0,5 Kg de açúcar e 0,5 Kg de amido de mandioca e ao final de 0,5 L da farinha de peixe (Kenya pescados, Itajaí- SC). O processo de fermentação foi a 28°C com aeração a cada 15 min por 8 dias. Os atributos químicos e biológicos de cada biofertilizante encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Efeito do biofertilizante com farinha de peixe na promoção de crescimento de rúcula.**

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Epagri de Itajaí, na área de estudos de cultivo em hortaliças, no município de Itajaí - SC.

O ensaio experimental foi conduzido sob cultivo protegido em abrigo modelo Pampeano, onde foi avaliado o efeito do biofertilizante na concentração de 25% (v/v) aplicado semanalmente em quatro cultivares de rúcula (Eagle, EEI, Hortec e Topseed), cultivadas em sistema orgânico de produção.

Mudas de rúcula de cada cultivar, com 20 dias de idade, foram transplantadas em espaçamento de 20 cm x 20 cm, em canteiros de 2,5 m.

Para melhor observação do efeito do biofertilizante foi realizada análise para observação dos atributos do solo (**Tabela 3**), sendo dispensada a adubação de base.

O biofertilizante, diluído na proporção de 1 parte de biofertilizante com 3 partes de água, e a água de irrigação foram aplicados semanalmente através do sistema de gotejamento em fita dupla. Para se evitar o entupimento do sistema de gotejo, o biofertilizante foi filtrado em um sistema contendo espuma de poliuretano de 4 cm de espessura e tecido de nylon, respectivamente conhecidos como espuma de sofá e tecido "volta ao mundo", eliminando-se o material particulado.

As práticas culturais adotadas obedeceram às normas de cultivo orgânico de hortaliças preconizadas pela Epagri.

A produção foi avaliada através de cortes da massa foliar da planta aos 30 e 60 dias após o plantio da muda e expressa em g $m^{-2}$.

A análise da atividade microbiana por diacetato de fluoresceína (FDA) foi realizada em amostras de solo coletadas aos 60 dias de cultivo e os resultados expressos em: µg FDA hidrolisado por $g^{-1}$ solo seco por $min^{-1}$.

O delineamento experimental foi inteiramente casualisado, em arranjo fatorial 4 x 2 (cultivar e biofertilizante) com 8 repetições (1 repetição = 1 canteiro com 48 plantas).

### Análise estatística

A coletas de massa de folhas do primeiro e segundo cortes e da massa total foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P<0,05$) (**Figura 1**), no software SISVAR 4.0 (FERREIRA, 2000).

Os resultados da atividade microbiana por diacetato de fluoresceína aos 60 dias de cultivo foram submetidas a análise de variância e comparação as médias pelo teste de Scott-Knott ($P<0,1$) (**Figura 2**), no software SISVAR 4.0 (FERREIRA, 2000).

Os resultados foram transformados em gráfico de barras em Excell.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso da parte área das plantas de rúcula diferiram significativamente (Scott Knott, 5%), entre os períodos de corte com biofertilizante e os tratamentos com água e biofertilizante aos 60 dias de idade (**Figura 1**).

Entre os períodos de corte, aos 30 e 60 dias, o peso médio foi de 1.184 e 1.196 g $m^{-2}$ e, 1.046 e 1.484 g $m^{-2}$, nos tratamentos com água e biofertilizante, respectivamente.

No corte aos 60 dias, o peso da parte aérea foi de 1.196 e 1.484 g $m^{-2}$, entre os tratamentos com água e biofertilizante, respectivamente.

As aplicações dos biofertilizantes elevaram os teores da matéria seca (MS) nas plantas de alface nas nos tratamentos contendo biofertilizante de farinha de peixe a partir de 25%, em g de MS, de 8,3 para 13,7; e nos tratamentos com biofertilizante de casca de camarão, preventivo e curativo, de 6,2 g para 14,7 e de 7,2 para 12,7, respectivamente (VISCONTI & BETTIOL, 2010).

Gagnon & Berrouard (1994) incorporam farelo de peixe em solo a base de turfa e observa-

ram aumento de 57 para 83% no peso seco da parte aérea de plantas de tomate em comparação a testemunha.

Abbasi et al. (2004) avaliaram a eficácia da emulsão de peixes no crescimento de mudas de rabanete ou pepino. A incorporação de 4% de emulsão de peixe ao substrato de produção de mudas foi suficiente para duplicar e triplicar os teores de matéria seca de mudas de rabanete e pepino, respectivamente, com 14 dias de idade em comparação àquelas que receberam N-P-K equivalente.

A análise entre os cultivares de rúcula não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos de água e biofertilizante o os períodos de corte.

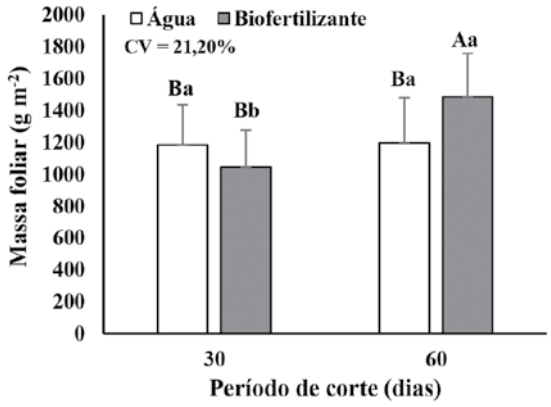



Figura 1. Peso da parte aérea de plantas de rúcula colhidas aso 30 e 60 dias após plantio, semanalmente ferti-irrigadas com água e biofertilizante a 25% (v/v). Letras maiúsculas e minúsculas semelhantes não diferem ente si, entre os tratamentos e períodos de corte, respectivamente a Scott Knott (P<0,05).

A atividade microbiana por diacetato de fluoresceína (FDA) é um excelente bioindicador da qualidade do solo, visto que a hidrólise é realizada por diversas enzimas.

A análise de FDA aos 60 dias, foi significativa (Scott Knott P<0,1) elevando de 3,3 para 4,1 µg de FDA hidrolisado $g^{-1}$ de solo seco $min^{-1}$ entre os tratamentos com água e biofertilizante, respectivamente (Figura 2).

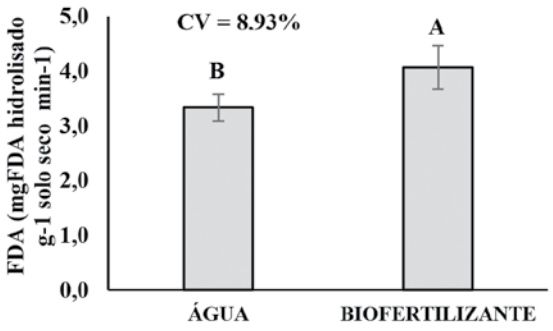



Figura 2. Atividade microbiana por diacetato de fluoresceína (FDA) aos 60 dias de cultivo. Scott-Knott (P<0,1).

## CONCLUSÕES

Nas condições experimentais, o biofertilizante aeróbico formulado com farinha de peixe, promoveu o peso da parte área das plantas de rúcula e elevou a atividade microbiana no solo aso 60 dias de cultivo.

As cultivares não apresentaram diferença significativa de massa foliar, nos tratamentos com água e biofertilizante.

## REFERÊNCIAS

Abbasi PA, Conn KL, Lazarovits, G. Suppression of *Rhizoctonia* and *Pythium* damping-off of radish and cucumber seedlings by addition of fish emulsion to peat mix or soil. Canadian Journal of Plant Pathology, Ottawa, v. 26, p.177-187, 2004.

Abbasi PA, Conn KL, Lazarovits G. Effect of fish emulsion used as a preparing soil amendment on Verticilllium wilt, scab, and tuber yeld of potato. Canadian Journal of Plant Pathology, Ottawa, v. 28, n.4, p. 509-518, 2006.

Bailey KL, Lazarovits G. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. Soil & Tillage Research, Amsterdam BV, v. 72, n. 2. p. 169-180. Aug. 2003.

Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sis-

var para Windows versão 4.0. In: Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-258

Gagnon B, Berrouard S. Effects of several organic fertilizers on growth of greenhouse tomato transplants. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v. 74, n. 1, p. 167-168, Jan. 1994.

Ghini R, Mendes MDL, Bettiol, W. Utilização do método de hidrolise de diacetato de fluoresceina (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a fitopatógenos. Summa Phytopathologica, Campinas, v.23, n.1, p.51, 1997.

Kupper KC, Bettiol W, de Goes A, de Souza PS, Bellotte JAM. Biofertilizer for control of *Guignardia citricarpa*, the causal agent of citrus black spot. Crop Protection, Surrey, v. 25, n. 6, p. 569-573, Jun. 2006.

Schnürer J, Rosswall T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. Applied Environmental Microbiology, v. 43, p. 1256-1261, 1982.

Visconti A, Bettiol W. Efeito de hidrolisado de peixe sobre o crescimento micelial e contole de *Cylindrocladium spathiphylli* em espatifilo. Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 36, n. 4, p. 298-308, Dez. 2010.

**Tabela 1.** Atributos do biofertilizante formulado com farinha de peixe.

| pH | UR65ºC | $P_2O_5$* | $K_2O$* | Ca* | Mg* | N* | Cu* | Zn* | Fe* | Mn* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (%) | (kg/m³) | | | | | (g/m³) | | | |
| 5,6 | 98,04 | 2,05 | 1,85 | 0,96 | 1,17 | 0,56 | 0,00 | 5,29 | 0,00 | 8,40 |

*teor total no material úmido.

**Tabela 2.** Diversidade microbiana do biofertilizante formulado com farinha de peixe (UFC $ml^{-1}$).

| Bactérias totais | *Bacillus* sp. | Fungos totais | *Trichoderma* sp. | Actinobactérias |
|---|---|---|---|---|
| $4,4x10^5$ | $1,1x10^5$ | $7,5x10^4$ | $4,0x10^3$ | $3,8x10^4$ |

**Tabela 3.** Atributos do solo do abrigo de cultivo.

| | | |
|---|---|---|
| %Argila | (m/v) | 25 |
| pH Água | 1:1 | 6,3 |
| Índice | SMP | 6,8 |
| P | (mg/dm³) | 203,7 |
| K | (mg/dm³) | 512,0 |
| %MO | (m/v) | 2,6 |
| Al | (cmolc/dm³) | 0,0 |
| Ca | (cmolc/dm³) | 3,5 |
| Mg | (cmolc/dm³) | 1,9 |
| H+Al | (cmolc/dm³) | 1,78 |
| CTC pH7,0 | (cmolc/dm³) | 8,46 |
| Al | (valor m) | 0,0 |
| % Saturação na CTC a pH 7,0 | Bases | 72,27 |
| | K | 22,14 |
| | Ca | 32,13 |
| | Mg | 18,00 |
| Relações | Ca/Mg | 1,56 |
| | Ca/K | 2,84 |
| | Mg/K | 1,57 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Características do capim BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) em resposta a fontes e doses de Agrosilício e calcário

Carlos Augusto de Miranda Gomide[1]; Domingos Sávio Campos Paciullo[2]; Carlos Eugênio Martins[2]; Mirton José da Frota Morenz[2]

[1]Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Aveinda Eugênio do Nascimento, 610, Juiz de Fora, MG 36.038-330 - carlos.gomide@embrapa.br, [2]Pesquisadores, Embrapa Gado de Leite.

## INTRODUÇÃO

A redução das reservas naturais de nutrientes e o alto custo das etapas de exploração das jazidas, produção, armazenamento e transporte de fertilizantes e corretivos têm despertado interesse pelo uso de fontes alternativas para correção do solo, como o Agrosilício. Apesar de não ser um elemento essencial para as plantas, o silício traz inúmeros benefícios. Segundo Reis et al. (2007) são reconhecidas suas influências na resistência das plantas ao ataque de insetos, nematóides, bactérias e fungos, na melhoria do estado nutricional e redistribuição dos nutrientes, na redução da transpiração e em alguns aspectos da eficiência fotossintética.

Pesquisas apontam para resistência a pragas e doenças em gramíneas pelo enrijecimento da epiderme ou pela produção de compostos de defesa (GOMES et al. 2005). Neste sentido o trabalho de Biazatti (2016) observou, em abacaxi, um aumento de 13% nos teores de compostos fenólicos com a aplicação da maior dose de Agrosilício Plus®.

Em estudo do consórcio de milho com braquiária, Felipe (2012) concluiu que o aumento da dose de Agrosilício aplicado em superfície elevou o pH e a saturação de bases, aumentando os teores de Ca e Mg, bem como reduziu os teores de Al até 20 cm de profundidade do solo.

Dentre as gramíneas forrageiras, cultivares da espécie *Panicum maximum* estão entre as mais exigentes em fertilidade do solo (JANK et al. 2010). Estudos sobre os benefícios do Agrosilício para a produção de forragem em pastagens são ainda incipientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parcelas de 3 X 2 m, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos descrito pela Embrapa (2013). O delineamento experimental foi em blocos casualizados num fatorial 3 x 4 + 1, com três repetições. A caracterização química do solo antes da instalação do experimento na profundidade de 0 a 20 cm, apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl2) - 4,1; Ca – 16,0 (mmolc $dm^{-3}$); Mg – 8,0 (mmolc $dm^{-3}$); P-12,0 (mg $dm^{-3}$); K – 1,2 (mmolc $dm^{-3}$); CTC (T) - 72,7 (mmolc $dm^{-3}$); V% – 35,0 e MO – 23,0 (g $dm^{-3}$).

Foram avaliadas as fontes de corretivos Agrosilício MG (Agro MG) e Agrosilício Plus (Agro Plus), nas doses de 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada pelo fabricante (1 t $ha^{-1}$), além do calcário dolomítico em três doses de acordo com a necessidade de calagem para elevação da saturação de bases (V%) para 50, 60 e 70%.

Em cada bloco foi inserido um tratamento controle (sem aplicação de corretivo). Assim, cada bloco contou com 12 parcelas experimentais. A aplicação dos tratamentos foi feita a lanço em setembro de 2018. O plantio das parcelas experimentais ocorreu em novembro de 2018 por meio de semeadura manual do capim BRS Zuri.

A partir do estabelecimento das plantas foi feito um corte de uniformização (a 30 cm) em janeiro de 2019. A partir desta data a forragem foi colhida em intervalos correspondentes ao alcance de 95% de interceptação luminosa (IL) pelo dossel (DA SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007). Para este estudo foi permitido uma variação de mais ou menos dois pontos percentuais em relação ao valor de 95%. As leituras de IL foram realizadas semanalmente com aparelho analisador de dossel Accupar LP 80.

A altura média do dossel foi estimada no momento do corte em 5 pontos de cada parcela. Após cada colheita as parcelas foram rebaixadas a 30 cm para início de novo ciclo de crescimento. Após os cortes as parcelas foram adubadas com o equivalente a 50 kg/ha de N, utilizando a formulação 20-05-20 de N-P-K. Este manejo foi realizado durante duas estações chuvosas. Sendo que para esta trabalho foram considerados quatro cortes realizados em: 28/11 e 17/12/2020 e 04/02 e 03/03/2020. O intervalo médio entre os cortes (após os cortes de uniformização) foi de 23 dias.

Para a colheita da forragem foi utilizado uma moldura para determinação da área amostral. Em cada quadro amostral (1,0 X 0,5 m), foi colhida a forragem acima de 30 cm. As amostras foram levadas para o laboratório e após a separação das frações e contagem do número de perfilhos, as amostras foram secas em estufa de ventilação a 55º C até peso constante. Foram avaliadas: massa de de forragem verde por corte (MSV), intervalo médio entre os cortes, número de perfilhos e a altura média do dossel.

Os dados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, $P<0,10$). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário), foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (2004), sendo considerados como efeitos fixos o corretivo, os níveis de inclusão e suas interações, e como efeitos aleatórios o bloco e o erro experimental. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey para o fator corretivo e por meio de regressão para o nível de inclusão. Para a tomada de decisão, foi considerado efeito significativo quando $P\leq0,05$, e tendência quando $0,05 < P \leq0,10$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média do dossel foi 93,8 cm independente da dose ou fonte de corretivo avaliado. O aumento na altura das plantas com o uso de escória de siderurgia foi observado em cana de açúcar por Sobral et al. (2011). Também Martins et al. (neste congresso) observaram maiores alturas do dossel em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com o uso do Agrosilício Plus em relação ao tratamento testemunha.

O valor médio da interceptação luminosa (IL) foi de 92,9%, sendo os maiores valores observados de 93,7% (para o Agro MG com 100% da dose e Agro Plus com 50% da dose e Calcário com a dose de 70% da saturação de base) e 93,8% (para o Agro Plus nas doses de 50 e100%). Já o menor valor (91,8% de IL) correspondeu aos tratamentos testemunha e Agro MG com 50% da

dose recomendada. Este valor revela que pra estes tratamentos a condição de corte (IL=95 ± 2%) não foi alcançada. A IL de 95% tem sido usada no manejo de pastagens a fim conciliar a produção de forragem com boa participação de folhas verdes e evitar o acúmulo de colmo e de forragem morta (DA SILVA; NASCIMENTO Jr., 2007).

Os valores para densidade de perfilhos estão apresentados na Figura 1.

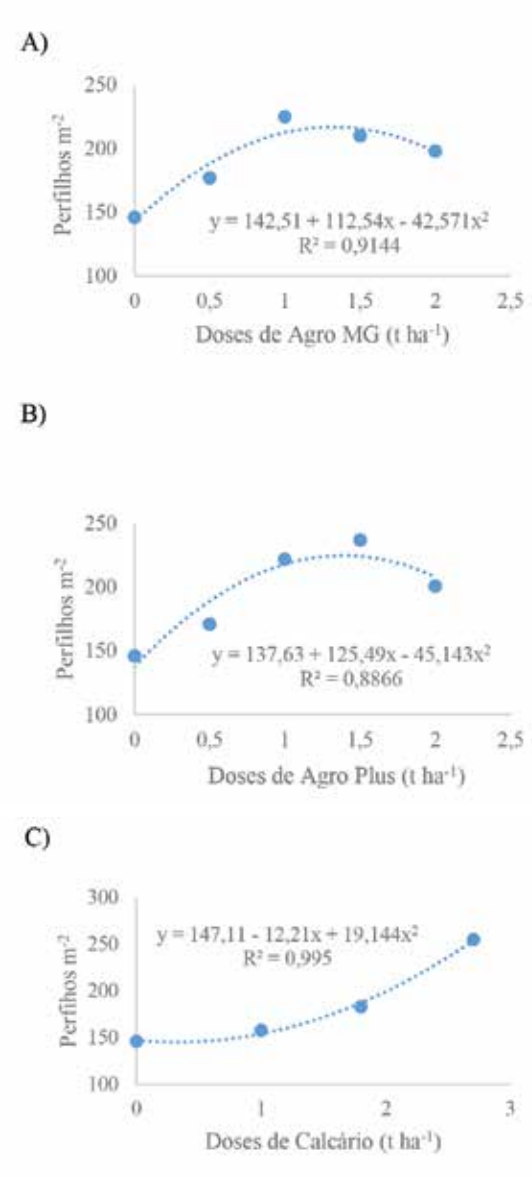



Figura 1. Densidade populacional de perfilhos em resposta as doses de Agrosilício MG (A), Agrosilício Plus (B) e calcário (C).

A densidade de perfilhos apresentou resposta quadrática em função das doses das fontes estudadas. Para as fontes Agro Mg e Agro Plus a resposta foi uma função com parábola de concavidade para baixo, enquanto para o calcário a resposta foi uma função com parábola de concavidade para cima. Do ponto de vista prático, tem se que para o valor máximo de perfilhos foi observada em menores doses das fontes Agro MG (1,32 t $ha^{-1}$) e Agro Plus (1,39 t $ha^{-1}$) em relação ao calcário.

A densidade populacional de perfilhos, além de contribuir para a produtividade (Hodgson, 1990) é um importante indicador da perenidade dos pastos e cobertura do solo.

A massa seca verde (MSV) colhida apresentou resposta quadrática às doses estudadas para todos os corretivos (Figura 2). Para esta variável todas as equações descrevem uma parábola de concavidade para baixo, o que permite estimar a dose correspondente à máxima MSV. Dessa forma, a máxima MSV ocorreu com as doses de 1,37, 1,33 e 1,96 t $ha^{-1}$, respectivamente para o Agro MG, Agro Plus e calcário. Os valores estimados de MSV para estas respectivas doses foram 3154, 3152 e 2969 kg $ha^{-1}$. Do ponto de vista prático estes são valores semelhantes e revela uma superioridade de apenas 6% das fontes de Agrosilício em relação ao calcário. Entretanto, é importante lembrar que esta maior resposta foi conseguida com uma dose 32% menor dos corretivos comparativamente ao calcário (1,35 x 1,96 t $ha^{-1}$).

Em estudo conduzido em vasos, Guimarães (2019) observaram que, em aplicação superficial, o uso do Agrosilício Plus promoveu maior produção de matéria seca no capim BRS Zuri em comparação com o calcário. Já em relação aos valores de pH do solo e dos teores de Ca e Mg no solo e na planta, não houve diferença entre as fontes estudadas.

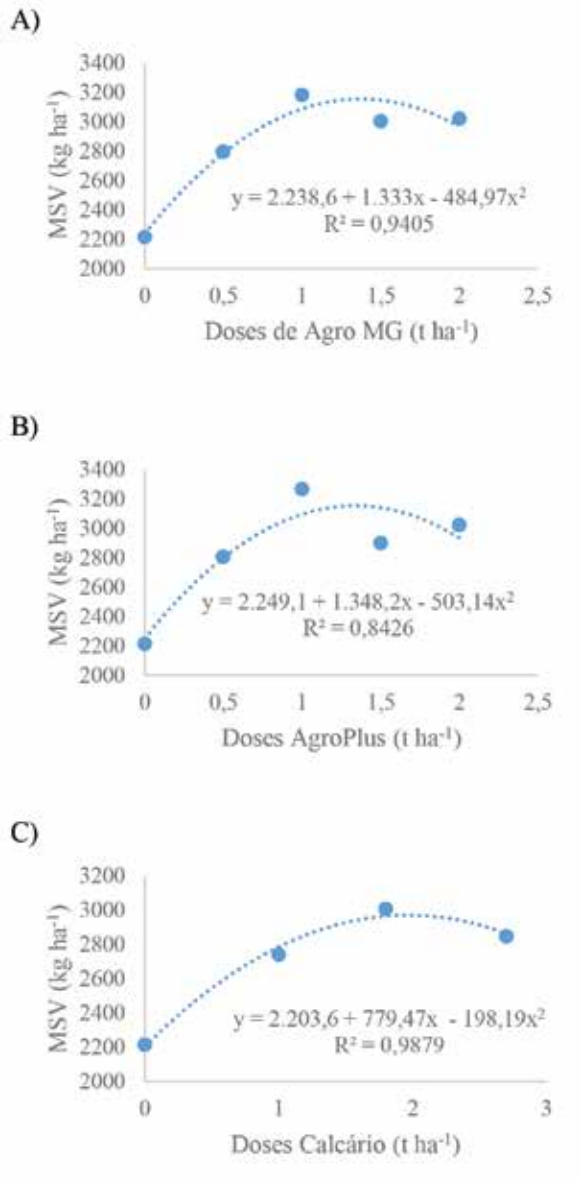



Figura 2. Massa seca verde (MSV) colhida por corte em resposta as doses de Agrosilício MG (A), Agrosilício Plus (B) e calcário (C).

## CONCLUSÕES

A altura do dossel de capim BRS Zuri não é afetada pelo tipo de corretivo ou dose utilizada.

Os corretivos aumentam a interceptação luminosa do dossel já em doses intermediárias.

O perfilhamento e a massa de forragem colhida são positivamente afetados pela dose de corretivo utilizada.

A maior massa de forragem colhida ocorre em doses menores de Agrosilício (MG ou Plus) em relação ao calcário.

AGRADECIMENTOS: À Harsco Minerais pela disponibilização dos corretivos testados e pelo apoio financeiro para realização do ensaio. À Embrapa Gado de Leite pela infraestrutura e disponibilidade de mão de obra para a execução das atividades.

## REFERÊNCIAS

Biazatti MA. Calagem, agrosilício e brassinosteroide na cultura do abacaxizeiro [dissertação]. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2016.

Da Silva SC, Nascimento Jr D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens. R. Bras Zootecnia. 2007;36:121-138.

Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Revisada e ampliada. Brasília: Embrapa Produção de informação; 2013.

Felipe RS. Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de Agrosilício no consórcio milho e barquiária [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2012.

Gomes FB, Moraes JC, Santos CD, Goussain MM. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. Scien. Agricola, 2005;62:547–551.

Guimarães, MG. Efeitos da aplicação de escória de siderurgia no desenvolvimento do capim BRS Zuri e nos atributos químicos do solo [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2019.

Hodgson J. Grazing management: Science into pratice. London: Longman group; 1990.

Jank L, Martuscello JA, Euclides VBP, Valle CB, Resende RMS. Panicum maximum. In: Fonseca

DM, Martuscello JA Editores. Plantas forrageiras. Viçosa: UFV; 2010. p.166-196.

Reis THP, Guimarães PTG, Figueiredo FC, Pozza AAA, Nogueira FD, Rodrigues CR. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: Epamig; 2007. (Boletim Técnico, 82).

Sobral MF, Nascimento CW, Cunha KP, Ferreira HA, Silva AJ, Silva FB. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. R. Bras Eng Ag. Ambiental. 2011;15:867-873.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Cobertura e temperatura do solo e estresse térmico de plantas de milho para silagem precedidas de diferentes plantas hibernais de cobertura e escarificação

Jeniffer Berté Valer[1]; Leonardo Vicente Ellert Kroth[1]; Letícia Conzatti Piccinini[2]; Thamires Rodrigues de Sá Valle[3]; Luciano Pinzon Brauwers[1]; Amanda Posselt Martins[4]

[1]Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre - RS, 91540-000, jeniffervaler@gmail.com; [2]Mestranda em Ciência do Solo, UFRGS; [3]Doutoranda em Ciência do Solo, UFRGS; [4]Professora do Departamento de Solos, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é uma das principais atividades desenvolvidas no Rio Grande do Sul (RS) e na Região do Vale do Taquari (BONETTI, 2020). Atualmente, o leite é uma importante fonte de renda para muitos agricultores familiares da região (BERTOLI et. al., 2015). Grande parte desses agricultores opta pela utilização de silagem de milho como produto alimentício para os animais do rebanho, especialmente vacas em lactação.

No entanto, a silagem de milho comumente possui baixa produtividade e alto custo de produção. Esses fatores estão aliados, principalmente, ao baixo potencial produtivo do solo devido à ausência ou baixa adoção de manejo conservacionista, resultando em solos altamente compactados e com baixo aporte de resíduos para manutenção dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) (FERGUSON et al., 2005).

A utilização de plantas hibernais de cobertura é uma alternativa na busca da criação de um ambiente mais saudável ao desenvolvimento das plantas de lavoura de verão. A palha produzida por plantas hibernais de cobertura, somada aos resíduos das culturas comerciais de verão, proporciona ambiente favorável ao estabelecimento vegetal, o qual contribui para a estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo (ALVARENGA et al., 2001).

Outro fator que se busca, é a criação de um microclima mais favorável ao desenvolvimento das culturas agrícolas. A elevação da temperatura do solo é crítica para a maioria dos organismos do solo, uma vez que somente são recobertos por uma fina película, que não é capaz de fornecer proteção contra ao aumento de temperatura e falta de umidade (PRIMAVESI, 2002). A presença da palha sobre a superfície do solo, normalmente, atrasa a absorção de calor, reduzindo as oscilações térmicas entre o período diurno e o noturno (RAMOS et al., 2009). Menor variação térmica ao longo do dia é importante para evitar estresse na planta (SAMPAIO et al., 1999).

Dessa forma, constrói-se o objetivo desse trabalho, que é analisar a evolução da cobertura do solo após a colheita do milho para silagem com a implantação de diferentes plantas hibernais de cobertura e também sob efeito da es-

carificação, assim como avaliar a produção de resíduo ao final do inverno e a temperatura do solo, da palhada e da planta de milho durante sua fase de pendoamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento utilizado no presente trabalho localiza-se no município de Roca Sales, Rio Grande do Sul, na região do Vale do Taquari e pertence à Granja Piccinini. A área é caracterizada pelo solo Cambissolo Háplico, com declividade média de 8% e está em estudo desde abril de 2018. O delineamento experimental é o de blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos consistem em um fatorial 4x2, considerando 4 plantas de cobertura de inverno [1- aveia (*Avena sativa*); 2- aveia + ervilhaca (*Vicia sativa*); 3- nabo (*Raphanus sativus);* e 4- pousio (plantas espontâneas)] e 2 manejos de escarificação anual (1- com; 2- sem). No verão, a área é todos os anos cultivada com milho (*Zea mays*) para silagem, com uma a duas safras, e a escarificação é realizada após a colheita do milho e antes da semeadura das plantas hibernais de cobertura.

As avaliações foram realizadas durante o ano de 2019, sendo: a cobertura do solo no período entre safras do milho, a produção de resíduos ao fim do ciclo das plantas hibernais de cobertura e a determinação da temperatura do solo e da planta no estágio de pendoamento do milho.

A análise da cobertura do solo foi realizada através da avaliação de fotos, entre os meses de março e setembro de 2019, contando com 3 avaliações após a colheita do milho e 3 avaliações após a escarificação e a semeadura das plantas de cobertura. As fotos foram obtidas em áreas representativas das parcelas, sendo realizadas 3 repetições e avaliando visualmente a proporção (0 a 100) de solo exposto e de solo coberto.

Os dados de produção de resíduo foram obtidos após a coleta de uma área representativa de 0,25 $m^2$ de cada parcela ao fim do mês de julho de 2019, onde foi feita determinação de massa seca da parte aérea após secagem em estufa a 65-70°C (TEDESCO et al., 1995).

A avaliação da temperatura do solo e das plantas ocorreu com o auxílio de um termômetro a laser, no mês de novembro de 2019 (pendoamento do milho), medindo a temperatura da superfície do solo, da palhada, de uma folha no meio do dossel do milho e de uma folha no topo do dossel do milho, em cada parcela, em condição de exposição direta ao sol e de sombra. Além disso, também se registrou a temperatura do ar através de termômetro de ambiente analógico.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), conforme o delineamento do experimento, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que, no caso da análise da cobertura do solo, nas avaliações realizadas antes da semeadura das plantas de hibernais de cobertura, quando houve diferença estatística, a predominância dos maiores valores foi nas áreas sem escarificação. Portanto, as plantas hibernais de cobertura tiveram pouca contribuição nas diferenças. Nas avaliações que ocorreram após a semeadura das plantas hibernais de cobertura, o cenário se modificou, e a cobertura passou a ser diferenciada estatisticamente, com maiores valores onde foram semeadas as plantas em relação ao pousio. Esse período de diferenças estatísticas perdurou até 45 dias após a semeadura, quando então os tratamentos passaram a se equivaler (Tabela 1).

Em relação à produção de resíduo das plantas hibernais de cobertura, não houve diferença considerando o manejo do solo (com ou sem escarificação), mas houve diferença estatísti-

ca entre as diferentes coberturas hibernais. Foi observado uma maior produção de resíduo nas parcelas onde foi semeado o nabo (4,5 t MS/ha), e menor produção de resíduo nas parcelas com pousio (1,8 t MS/ha). Os tratamentos de aveia e aveia+ervilhaca tiveram valores intermediários (Figura 1).

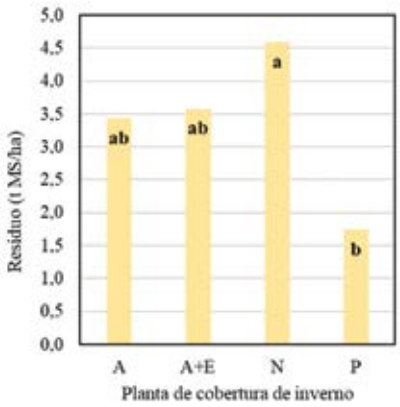



Figura 1. Produtividade de resíduo pelas plantas hibernais de cobertura em área de plantio de milho silagem, na média de áreas com e sem escarificação. As abreviaturas das legendas referem-se a: A= aveia; A+E= aveia+ervilhaca; N= nabo; e P= pousio. Letras diferentes nas barras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (p<0,05). Inverno de 2019, Roca Sales, RS, Brasil.

No caso dos dados de medição de temperatura, quando consideradas as avaliações no solo e na palhada, tanto em condição de sombra quanto de sol, as mesmas não se diferiram estatisticamente. O solo em condição de exposição solar apresentou valores médios de 35,1ºC e, na sombra, a média foi de 26,3ºC. Já a palhada, em condições tanto de sol quanto de sombra, apresentou maiores valores, sendo esses de 41,8ºC no sol e de 29,7ºC na sombra.

Levando em consideração as medições nas folhas do milho, no meio e no topo do dossel, quando expostas ao sol também não houve diferenciação estatística entre os tratamentos, sendo que as folhas do topo do dossel apresentaram menores valores (27,7ºC) do que as folhas no meio do dossel (29,2ºC). As diferenças estatísticas surgiram ao analisar-se os dados das medições sob condição de sombra das folhas do milho. Nas folhas do meio do dossel do milho, houve diferenças devido ao manejo do solo quando este esteve associado às coberturas hibernais de aveia e de nabo, com maiores valores foram na situação com escarificação anual (Figura 2).

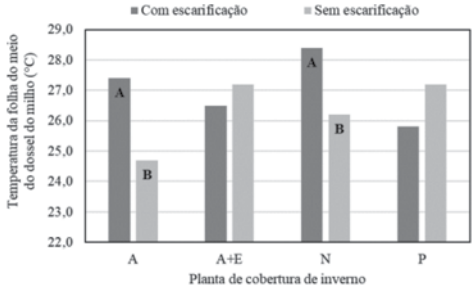



Figura 2. Temperatura da folha do meio do dossel do milho considerando as diferentes plantas hibernais de cobertura em área de plantio de milho silagem, na média de áreas com e sem escarificação. As abreviaturas das legendas referem-se a: A= aveia; A+E= aveia+ervilhaca; N= nabo; e P= pousio. Letras diferentes nas barras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (p<0,05). Inverno de 2019, Roca Sales, RS, Brasil.

No caso das folhas do topo do dossel do milho, houve distinção estatística devido à escarificação somente na área com pousio hibernal, com maior temperatura nas áreas sem escarificação (Figura 3).

Plantas expostas a situações de estresse possuem seus rendimentos potenciais diminuídos durante seu processo de crescimento. A cobertura do solo pelos resíduos aumenta a armazenagem hídrica no solo, podendo trazer melhorias no processo de fixação biológica de N, que retroalimenta o sistema pelo fornecimento desse nutriente para as plantas, essencial no processo fotossintético (produção de biomassa) (SICZEK; LIPEC, 2011). O incremento na qualidade do solo, devido à quantidade de resíduo torna

a presença de plantas de cobertura essenciais, evidenciando o potencial das mesmas em produção de resíduo, diferentemente do que ocorre em áreas que não possuem plantio de nenhuma espécie (Figura 1).

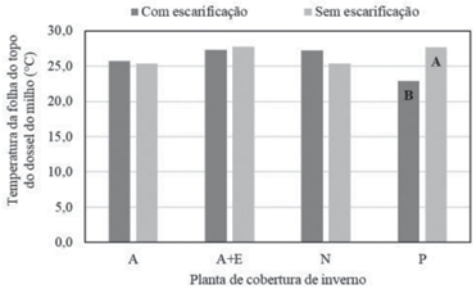



Figura 3. Temperatura da folha do topo do dossel do milho considerando as diferentes plantas hibernais de cobertura em área de plantio de milho silagem, na média de áreas com e sem escarificação. As abreviaturas das legendas referem-se a: A= aveia; A+E= aveia+ervilhaca; N= nabo; e P= pousio. Letras diferentes nas barras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Inverno de 2019, Roca Sales, RS, Brasil.

A medição de temperatura da folha de uma planta, no caso o milho, nos informa sobre o balanço de energia desta. Com o aumento do grau de estresse hídrico da planta, a transpiração tende a redução e a TF aumenta (USDA, 2012). Em condições de estresse hídrico, no curto prazo, ocorre o fechamento dos estômatos e, consequentemente, redução na taxa fotossintética (CHAVES, 1991). Nesse sentido, foi verificado que os diferentes manejos impactam o estresse das plantas (Figuras 2 e 3). No entanto, mais estudos são necessários para entender tais impactos.

## CONCLUSÕES

A escarificação do solo e a planta hibernal afetam a cobertura do solo ao longo do ano agrícola, de forma diferenciada conforme a época de avaliação, sugerindo efeitos de longo prazo na qualidade do solo.

A produção de matéria seca residual das plantas hibernais de cobertura foi maior com o nabo, chegando a 4,5 t/ha, e menor para o pousio.

A temperatura das folhas do milho no pendoamento só foram afetadas em condições de sombra, com a escarificação impactando de maneira diferenciada e, por isso, mais estudos na temática são necessários.

AGRADECIMENTOS: à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mais especificamente ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, assim como a Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ). À FAPERGS e a Fundação AGRISUS pelo suporte para realização das atividades do projeto. Ao grupo de pesquisa IRGEB e aos seus integrantes e à Granja Piccinini, por toda ajuda, infraestrutura e suporte.

## REFERÊNCIAS

Alvarenga RC, Cabezas WAL, Cruz JC, Santana DP. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário - Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25–36, 2001.

Bonetti, I. Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2020. Departamento de Políticas Agrícolas e Desenvolvimento Rural. p.28, 2020.

Bortoli J, Salvi LC, Rempel C. Caracterização de estabelecimentos rurais com ênfase na pecuária leiteira no vale do Taquari-RS. Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais – Guarapuava, Paraná, v.12, n.1, p. 87 – 100, Jan./Abr., 2016.

Coelho MEH, Freitas FCL, Cunha JLXL, Silva KS, Grangeiro LC, Oliveira JB. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. Planta Daninha - Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.

Costa, SEVGA. Intervalo hídrico ótimo do solo e estado hídrico das plantas em sistema integrado de produção agrícola e pecuária no subtrópico brasileiro. 2014. 226 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

Ferguson RB, Nianaber JA, Eigenberg RA, Woodbury BL. Long-term effects of sustained beef feedlot manure application on soil nutrients, corn silage yield, and nutrient uptake. J. Environ. Qual. 34, 1672-1681, 2005.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Wolkweiss SJ. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2ª Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

**Tabela 1.** Porcentagem de solo exposto nas avaliações anteriores à escarificação e à semeadura das plantas hibernais de cobertura, considerando as quatro coberturas do solo, assim como os dois tratamentos (com e sem escarificação). Período entre safras 2018/2019 e 2019/2020, Roca Sales, RS, Brasil.

| Plantas de cobertura | 17 dias após colheita do milho | | 28 dias após colheita do milho | | 51 dias após colheita do milho | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Com escarificação | Sem escarificação | Com escarificação | Sem escarificação | Com escarificação | Sem escarificação |
| Aveia | 48 B | 79 A | 77 ab | 86 | 73 B | 92 A |
| Aveia+ ervilhaca | 56,1 | 71 | 57 B b | 75 A | 81 | 79 |
| Nabo | 51,7 B | 78 A | 87 a | 81 | 73 B | 90 A |
| Pousio | 53,3 B | 70 A | 87 a | 77 | 84 | 85 |
| | 30 dias após escarificação e 19 dias após semeadura das plantas de cobertura | | 43 dias após escarificação e 30 dias após semeadura das plantas de cobertura | | 62 dias após escarificação e 50 dias após semeadura das plantas de cobertura | |
| | Com escarificação | Sem escarificação | Com escarificação | Sem escarificação | Com escarificação | Sem escarificação |
| Aveia | 64 B a | 86 A a | 83 a | 91 a | 88 | 92 A |
| Aveia+ ervilhaca | 48 a | 62 b | 64 B a | 85 A a | 96 | 97 |
| Nabo | 65 B a | 86 A a | 81 a | 81 a | 95 | 94 |
| Pousio | 80 B b | 96 A ab | 36 b | 56 b | 93 | 89 |

Os valores seguidos de letras distintas diferem entre si estatisticamente conforme a análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias por meio do teste de Tukey ($p<0,05$). Letras maiúsculas consideram a presença ou não de escarificação. Letras minúsculas consideram a cobertura do solo. Valores não seguidos de letras não possuem diferença estatisticamente significativa.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Comportamento do nitrogênio da palha do arroz irrigado e do solo em função de diferentes manejos pós-colheita

Mara Grohs[1]; Giovane Rodrigo Friedrich Neu[2]; Alicia Baumhardt Dorneles[3]; Rodrigo de Moura Silveira[4]; Endiele Lopes dos Santos[5]

[1]Dr. Eng. Agr., Pesquisadora, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Estação Regional de Pesquisa do IRGA, BR-290, Km 274, Barragem do Capané, Cachoeira do Sul, grohs.mara@gmail.com; [2]Acadêmico de Agronomia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS); [3]Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [4]Técnico Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA; [5]Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

## INTRODUÇÃO

De acordo com o Irga (2020), cerca de 70% de toda a produção de arroz nacional está concentrada no estado do Rio Grande do Sul, sendo que a produtividade na safra 2019/20, chegou a patamares até então nunca alcançados, ultrapassando 8,4 toneladas por hectare.

Consequência destes resultados, podem ser atribuídos ao avanço no melhoramento genético das cultivares atuais, bem como o conjunto de práticas agrícolas que incluem a semeadura dentro do período recomendado, controle de planas espontâneas e adubação equilibrada para a cultura.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelo arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) (FAGERIA et al., 2003).

Entretanto, com o aumento gradativo da produtividade, ocorre o acréscimo da produção de palha de arroz que é rica em lignina, degradando-se lentamente em condições de anaerobiose, favorecendo a formação de compostos fenólicos que se ligam ao nitrogênio proveniente do solo, impedindo sua mineralização (OLK et al., 2009).

Desta forma, a dinâmica do nitrogênio contido na palha do arroz poderá sofrer diferentes efeitos de acordo com o manejo empregado após a colheita e às condições climáticas no período de entressafra.

Tendo em vista os argumentos apresentados, buscou-se neste trabalho caracterizar o comportamento de diferentes manejos do solo e da palha, no período de pós-colheita do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul, quanto a dinâmica de liberação do nitrogênio desse resíduo vegetal para o solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Regional de pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, localizada na zona rural do município de Cachoeira do Sul. A localidade é denominada por Barragem do Capané e está situada na região fisiográfica da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, (latitude: 30º 13'32.3" S, longitude: 52º 56'49.9" W e altitude: 95 m). O solo utilizado é classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí, com as seguintes

características: $pH_{água}$ (1:1) = 5,1; P = 5,0 mg $dm^{-3}$; K = 40 mg $dm^{-3}$ e MO = 2,8 %. O clima local é subtropical úmido, classificado como Cfa pelo sistema de classificação Köppen. A média anual da temperatura e pluviosidade são de 19,2 °C e 1.708 mm, respectivamente (MALUF, 2000).

As atividades de implantação do experimento tiveram início no dia 24 de março ao final da safra 2018/19.

Os tratamentos aplicados na área de 0,7 hectares destinada ao estudo foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo representados pelos seguintes manejos: **(T1)** palha dessecada; **(T2)** rolo-faca sem água; **(T3)** palha roçada; **(T4)** confecção de rolos de feno com enfardadeira; **(T5)** preparo antecipado e **(T6)** sistema convencional.

O preparo antecipado foi realizado 25 dias após a colheita do arroz, no dia 18 de abril, com auxílio do implemento rolo-faca. A incorporação da palha ao solo foi realizada com a faixa ainda com água, representando o manejo mais utilizado pelos orizicultores gaúchos na safra 2018/19 (IRGA, 2020). Para o sistema convencional, utilizou-se três operações de gradagem durante o período de entressafra, sendo a última realizada 30 dias antes da semeadura da nova safra. Neste manejo, além do implemento de grade de discos, utilizou-se uma niveladora para a correção do micro-relevo. Nos tratamentos que mantiveram a palha sobre o solo, foi realizada a dessecação com herbicida de ação total, visando controlar o rebrote do arroz, bem como as plantas espontâneas na área do estudo.

### Variáveis analisadas

A dinâmica de liberação do nitrogênio dos resíduos culturais da palha do arroz passou a ser monitorada em campo por meio de bolsas de nylon com 20x20 cm e malha de 0,5 mm (mesh bags).

A quantidade de material colocado nas bolsas foi equivalente à matéria seca produzida pela cultura do arroz durante o seu ciclo.

As amostras contidas nos mesh bags foram distribuídas na superfície ou posicionadas dentro do solo, na profundidade de trabalho de cada implemento, no interior de cada parcela. A cada coleta, retirou-se um mesh bag por bloco sendo a primeira realizada no dia 02/05/2019, ou seja, 38 dias após a colheita do arroz e instalação do experimento. Já a segunda coleta, aconteceu no dia 28 de agosto, 118 dias após a anterior, restando a terceira e última para a data de semeadura da safra seguinte que ocorreu no dia 25 de outubro.

Os teores de nitrogênio no tecido vegetal e no solo, foram determinados após cada coleta dos respectivos mesh bags e das amostras de solo conforme metodologia proposta por Tedesco et al., (1995). Por ocasião da retirada dos mesh bags, amostras de solo de 0-5 cm foram coletadas em cada tratamento, sendo posteriormente determinado o amônio ($NH_4^+$) e o nitrato ($NO_3^-$) do solo, incluindo a caracterização da área, realizada no dia 29/03/2019.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos, representados por regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **figura 1**, expressa em porcentagem os resultados do nitrogênio remanescente para todos os tratamentos, obtidos através dos mesh bags coletados nas unidades experimentais durante o período de entressafra.

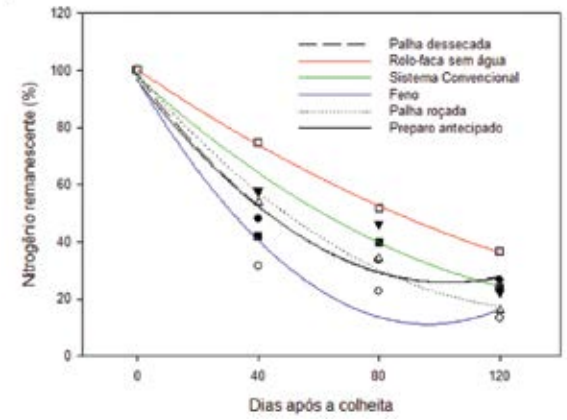



Figura 1. Nitrogênio remanescente (%) da palha do arroz irrigado, em função do manejo pós-colheita empregado na entressafra. Cachoeira do Sul – RS, 2020.

O nitrogênio remanescente apresentou um comportamento quadrático, demonstrando duas fases distintas, sendo uma rápida durante os primeiros 40 dias, onde foi liberado grande parte do nutriente e outra mais lenta, que compreendeu o intervalo a partir dos 40 até os 120 dias.

Este comportamento inicial, pode ser explicado em função das condições edafoclimáticas, tendo em vista que, as cinco primeiras semanas ocorreram entre 18 de abril a 28 de maio, período em que a temperatura ainda estava elevada no Rio Grande do Sul.

Para autores como Raich & Shlesinger (1992), as menores taxas anuais de atividade microbiológica do solo são encontradas nos ecossistemas de clima temperado e árido, e as maiores taxas ocorrem nos ecossistemas tropicais, onde a temperatura e umidade disponíveis são maiores.

Levando em consideração os manejos que apresentam a palha sobre o solo, é possível observar que tanto o tratamento da palha roçada como o da confecção de rolos de feno, apresentaram as maiores liberações de nitrogênio para o solo, chegando a 80% do volume total após os 120 dias de estudo.

O mesmo comportamento não foi encontrado no tratamento do rolo-faca sem água, embora tenha sido realizado com o solo seco. Esse desempenho pode ser explicado em decorrência dos restos culturais do arroz ficarem adensados sobre o solo, diminuindo a capacidade do mesmo em perder o excesso de umidade após uma precipitação pluviométrica o que acarreta na diminuição da atividade metabólica dos microrganismos aeróbicos (KLAUMANN et al., 2017).

Por outro lado, os dois manejos mais utilizados pelos orizicultores gaúchos na safra 2019/20, segundo os dados do Irga (2020), representados pelo preparo antecipado (63,1% da área cultivada) e o sistema convencional (24,9% da área cultivada), bem como o tratamento da palha dessecada, apresentaram aproximadamente 35% de nitrogênio remanescente na última coleta de mesh bag.

Desta forma, o tratamento realizado com lâmina de água, configurado pelo preparo antecipado, apresentou resultado diferente do encontrado por Massoni et al., (2013), quando este manejo expressou a maior concentração de N ao final de seu estudo. Isto porque um grupo menor e menos eficiente de fungos e bactérias é que realizam tal função nestes ambientes anaeróbicos (VAHL, 1999) e também porque as diferenças na quantidade de palha inicial que é incorporada bem como a condição de drenagem da mesma, podem ocasionar efeitos diversos.

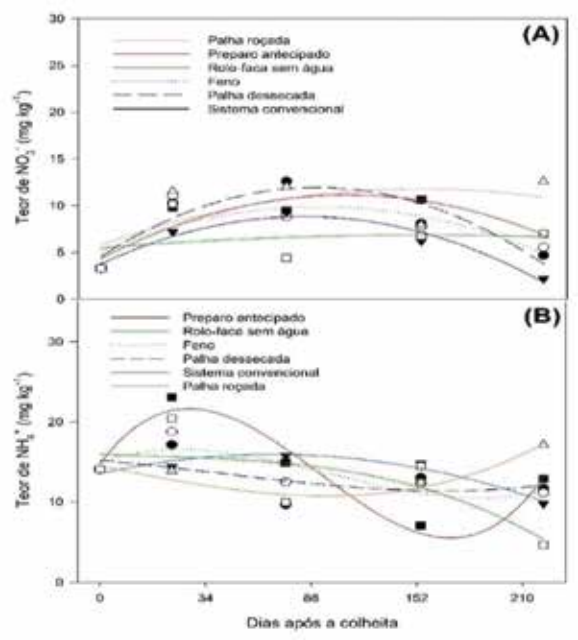



**Figura 2.** Nitrato (mg $kg^{-1}$) (A) e amônio (mg $kg^{-1}$) (B) no solo, em diferentes manejos do solo após a colheita do arroz irrigado. Cachoeira do Sul – RS, 2020.

Após a colheita do arroz e antes da aplicação dos tratamentos, o solo apresentava 3,32 mg $kg^{-1}$ de $NO_3^-$. Com exceção do sistema convencional, todos os demais manejos tenderam a apresentar um aumento nos teores desse nutriente no solo, durante a entressafra, apresentando um comportamento quadrático em relação a sua liberação, sendo o valor máximo de $NO_3^-$ registrado na área onde a palha de arroz foi roçada, aos 210 dias após a colheita do arroz irrigado.

Os demais tratamentos apresentaram o pico de NO3- no solo entre 34 e 88 dias após a colheita da cultura. Massoni et al., (2013), encontrou resultados semelhantes em seu trabalho quando o nitrogênio no solo apresentou uma fase de crescimento, seguido por um decréscimo, chegando a valores próximos aos iniciais, caracterizando a baixa influência dos tratamentos para o N mineral do solo neste sistema produtivo, isto é, a manutenção da palha do arroz durante a entressafra não contribui para a melhora da fertilidade do solo, em relação ao nitrogênio.

Para o amônio, a área apresentava 14,07 mg $kg^{-1}$ de solo após a colheita do arroz e em grande parte dos tratamentos, o pico de registro de $NH_4^+$ foi aos 34 dias, apesar da maioria dos manejos apresentarem um comportamento cúbico, ou seja, alternar entre aumentos e reduções do nutriente ao longo do período avaliado. Esse resultado vai de encontro com o mesmo comportamento da liberação do nitrogênio da matéria seca do arroz. Com isso, é importante salientar que, para que esse nutriente fique no sistema, é fundamental a inserção de uma planta de cobertura logo após a colheita do arroz.

O rápido acréscimo nos teores de NH4+ durante o primeiro intervalo de tempo no tratamento do preparo antecipado, pode ser justificado em função do alagamento do solo. Este fato resulta em modificações nos processos biológicos e no potencial redox do solo, o que favorece a amonificação em detrimento da nitrificação. Desta forma, em ambientes alagados, o N tende a se acumular sob a forma de amônio $NH_4^+$ (RHODEN et al., 2005).

No tratamento onde a palha foi roçada, no entanto, assim como no$NO_3^-$, foi registrado a maior concentração de $NH_4^+$ aos 210 dias após a colheita do arroz. Outro comportamento que chamou atenção foi o sistema convencional, onde a palha foi incorporada com auxílio de grade de discos com o solo seco. Nesse manejo houve um suprimento constante de$NH_4^+$ durante praticamente toda a entressafra, registrando uma queda apenas na última coleta, aos 210 dias.

## CONCLUSÕES

De forma geral, com exceção do rolo-faca sem água, há grande liberação de nitrogênio da palha do arroz para o solo nos tratamentos da palha dessecada, feno, sistema convencional, preparo antecipado e palha roçada, sendo liberado de 60% a 80% do total de N aos 120 dias.

Apenas quando a palha é roçada, há aumento de nitrogênio no solo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Instituto Rio Grandense do Arroz pela bolsa de estágio e suporte durante esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Fageria NK, Slaton NA, Baligar VC. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Adv. Agron., 80:63-152, 2003.

Heal OW, Anderson JM, Swift MJ. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E. (org.) **Driven by nature: plant litter quality and decomposition.** London: CAB INTERNATIONAL, 1997. p. 3-30.

Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA. **Dados de safra.** [Acesso em: 09 set. 2020]. Disponível em: http://www.irga.gov.br/.

Klaumann AA et al. Avaliação da evolução da liberação de dióxido de carbono em solo alagado e solo mantido em baixa temperatura. **4º AGROTEC.** [Acesso em: 24 set. 2020]. Disponível em: https://eventos.uceff.edu.br/.

Maluf JRT, 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia 8**, 141-150.

Massoni PFS, Marchesan E, Grohs M, Silva LS, Roso R. Nutrientes do solo influenciados por diferentes manejos da palha após a colheita do arroz irrigado. Revista **Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 205-214, abr-jun, 2013.

Olk DC et al. Crop Nitrogen Uptake and Soil Phenols Accumulation under Continuous Rice Cropping in Arkansas. **Soil Science Society of America.** v. 73, n.3, p. 952-960, 2009.

Raich JW, Schlesinger WH. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus,** v. 44, n. 2, p. 81-99, 1992.

Rhoden AC, Silva LS. Potencial de mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio grande do sul. **Dissertação.** Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2005.

Tedesco MJ et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2 eds. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995.

Zirlewagen D, Raben G. Weise M. Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters. **For Ecol Manage.** 2007;248:43-55. doi:10.1016/j.foreco.2007.02.038

Vahl LC. Fertilidade de solos de várzea. In: Gomes AS. PAULETTO, E. A. (Ed.). ***Manejo do solo e da água em áreas de várzea.*** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 119-162.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Composto de Resíduos de Tabaco como Fonte de Nitrogênio ao Milho em Plantio Direto

Samanta Baumart[1]; Fabiane Machado Dahlke[2]; Renata Bencke Gross[3]; Pâmela Oruoski[4]; Rosemar de Queiroz[5]; Celso Aita[6]

[1]Graduanda do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria – RS, 97105-900, samanta.baumart@gmail.com; [2]Graduanda do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [3]Graduanda do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [4]Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [5]Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [6]Professor Titular - UFSM.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador e um dos maiores produtores mundiais de tabaco, com a região Sul concentrando aproximadamente 97% da produção nacional (AFUBRA, 2019). O tabaco é uma cultura de relevância para a geração de renda, principalmente em pequenas propriedades familiares, além de empregar mais de 640 mil pessoas, entre o campo e as indústrias (SINDITABACO, 2019).

O Estado do Rio Grande do Sul é responsável por 50% da produção da região Sul do país (SINDITABACO, 2019), com destaque para os municípios situados no Vale do Rio Pardo, onde está inserido um dos maiores complexos fumageiros em nível mundial. Entretanto, o beneficiamento das folhas de tabaco pelas indústrias gera uma grande quantidade de resíduos, denominados genericamente de pó de tabaco.

Esse tipo de resíduo possui quantidades significativas de nutrientes (SHAKEEL, 2014), o que o torna apropriado para utilização na agricultura como adubo orgânico (ROEHRS, 2012). Contudo, restrições na legislação brasileira com relação ao seu uso *in natura* tornam necessário o tratamento prévio do pó de tabaco. Além disso, a utilização direta do pó gera maus odores, poeira em excesso e atrai moscas. A alternativa encontrada pela Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul - RS (FUPASC) foi a transformação do pó de tabaco em um composto orgânico, através do processo biológico de fermentação em estado sólido (FES). Além de amenizar o potencial poluidor deste resíduo, a FES facilita seu uso agrícola.

Ainda existem poucas informações na literatura sobre o composto de pó de tabaco. Os resultados encontrados se referem ao índice de mineralização do carbono (C) e do nitrogênio (N) orgânico, além da resposta do capim Sudão ao uso do composto como fertilizante (ORUOSKI, 2019). Portanto, é preciso intensificar os estudos, avaliando o efeito de doses do composto para outras culturas, com destaque para o milho, em função da sua grande importância nacional e regional, pois foi o segundo grão mais produzido no Brasil em 2019, com a região Sul sendo responsável por cerca de 25% da produção nacional (CONAB, 2019).

Entre os nutrientes presentes no composto, destaca-se o nitrogênio (N), o qual é requerido

em grande quantidade pela maioria das culturas. No milho, a extração de N aumenta linearmente com o aumento da produtividade (COELHO, 2006). Dessa forma, torna-se importante avaliar a resposta do milho à adição de doses de composto, o que facilitará a difusão do seu uso agrícola, mitigando o passivo ambiental gerado pela indústria fumageira.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de composto de pó de tabaco sobre a produtividade de grãos, o acúmulo e a eficiência de uso do N pelo milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na safra 2019/2020, em um Argissolo Vermelho Alumínico úmbrico (SANTOS, 2006).

O composto utilizado foi obtido junto à Fundação para Proteção Ambiental de Santa Cruz do Sul (FUPASC). As principais características analisadas no composto e expressas em base seca são as seguintes: Matéria seca - MS (81%), C total (30,3%), N total (2,6%), N mineral (0,4%) e N orgânico (2,2%). A definição das doses a aplicar foi estabelecida com base na exigência em N da cultura do milho e nos teores de N mineral e orgânico do composto, considerando um índice de mineralização do N orgânico no solo de 12% (ORUOSKI, 2019). As quantidades de N, P e K, aplicadas no tratamento com adubação mineral foram calculadas segundo a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS) – RS/SC (2016), para uma produtividade esperada de 8 Mg $ha^{-1}$ de grãos.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. O composto e a adubação mineral (NPK) foram aplicados manualmente na superfície do solo. Os tratamentos testados em parcelas de 5 x 4 m (20 $m^2$) foram: T1 – Testemunha (sem fertilização); T2, T3 e T4 – Doses de composto equivalentes a 50, 100 e 200% da quantidade de N recomendada ao milho, respectivamente; T5 - Adubação mineral recomendada (NPK). As doses aplicadas de composto, em base seca, foram de 8 (50%), 16 (100%) e 32 (200%) Mg $ha^{-1}$, correspondendo à aplicação de 53,9; 107,8 e 215,7 kg de N total ha-1, respectivamente. A dose de 100% do composto foi estabelecida prevendo o fornecimento ao milho de uma quantidade de N equivalente ao N-ureia aplicado no tratamento NPK. Os resultados do milho 2019/2020, apresentados no presente trabalho, se referem à terceira aplicação dos tratamentos nas mesmas parcelas, sendo que as duas aplicaçãoes anteriores foram feitas no milho 2018/2019 e no consórcio de aveia + ervilhaca em 2019.

A adubação mineral constou da aplicação de 110, 150 e 80 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$, nas formas de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Todo o P e o K e 1/3 do N (36 kg $ha^{-1}$) foram aplicados na superfície do solo no momento da semeadura. O restante do N (74 kg $ha^{-1}$) foi aplicado em cobertura, no estádio V6 do milho.

Para a avaliação da produtividade de grãos foram colhidas as plantas em uma área útil de 14 $m^2$ por parcela. Após a debulha dos grãos, a umidade foi corrigida para 13% para o cálculo da produtividade. Para a determinação de produção de MS e do acúmulo de N na parte aérea (palha + grãos) foram coletadas aleatoriamente cinco plantas na área útil de cada parcela. As plantas coletadas e as amostras de grãos foram pesadas e submetidas à secagem a 65 ºC. Após atingir massa constante, o material vegetal foi moído finamente para determinação dos teores de N total. O acúmulo de N foi calculado multiplicando-se o teor de N da palha e dos grãos pela produção de massa seca destes constituíntes.

A eficiência agronômica (EAN) e a recuperação aparente do N (RAN) pelas plantas nos tratamentos foram calculadas a partir das quantidades de N acumuladas nos grãos e na palha e da produtividade de grãos na maturação fisiológica das plantas. A EAN (kg grãos kg-1 N aplicado) foi calculada através da equação: EAN = (produtividade de grãos no tratamento – produtividade de grãos da testemunha)/N total aplicado. A RAN (%) nos grãos e na palha foi calculada pela equação proposta por Craswell e Godwin (1984): RAN = [(N acumulado no tratamento – N acumulado na testemunha)/(N total aplicado)]*100. Os resultados foram submetidos à análise da variância (Anova) e utilizou-se regressão para verificar o efeito das diferentes doses do composto sobre a produtividade de grãos, produção de matéria seca (MS) e acúmulo de N pela parte aérea. Os dados foram analisados no software estatístico R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do composto de pó de tabaco como fonte de N ao milho aumentou significativamente a produtividade de grãos (Figura 1). A produtividade de grãos do tratamento testemunha, de 7,0 Mg ha$^{-1}$, aumentou em 3,1, 4,5 e 6,0 Mg ha$^{-1}$ com a aplicação das doses de composto equivalentes a 50, 100 e 200% do N recomendado ao milho, respectivamente. A produtividade obtida com a aplicação de N-ureia no tratamento NPK foi próxima a (97%) daquela obtida com a dose de 100% de composto, evidenciando que o uso do índice de 12% para a mineralização do N orgânico do composto foi adequado. A partir da equação da regressão da figura 1 foi possível estimar o ponto de máxima eficiência técnica (PME), o qual seria alcançado com a aplicação de 30,2 Mg ha$^{-1}$ de composto.

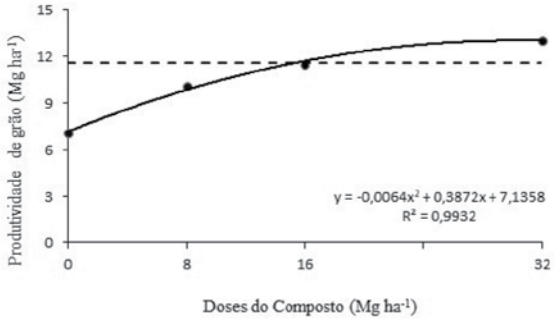



Figura 1. Relação entre a produtividade de grãos do milho e as doses do composto de pó de tabaco aplicadas no solo. A linha tracejada indica a produtividade obtida no tratamento com NPK.

A produção de MS de palha do milho respondeu linearmente à aplicação do composto, aumentando de 6,8 Mg ha$^{-1}$ na testemunha para 12,8 Mg ha$^{-1}$ na maior dose (32 Mg ha$^{-1}$) do composto (Figura 2). Em acordo ao que foi observado com a produtividade de grãos, a produção de palha com aplicação de N-ureia no tratamento NPK foi próxima (87%) daquela obtida com a dose de 100% de composto.

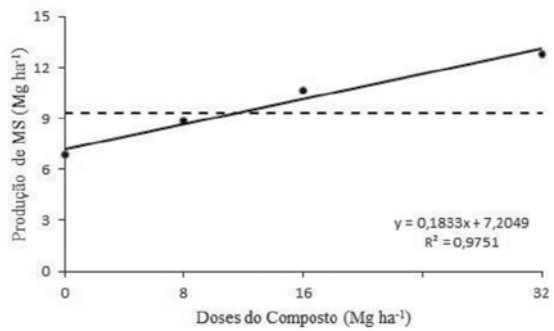



Figura 2. Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas em função das doses do composto e da adubação mineral (NPK). A linha tracejada indica a produção de MS com NPK.

O acúmulo de N pela parte aérea do milho (palha + grãos) também respondeu de forma linear ao aumento das doses de composto (Figura 3). Com a aplicação da dose de 32 Mg ha-1 de composto, que corresponde a 200% da quantidade de N recomendada ao milho, o acúmulo de N

pela cultura foi 2,84 vezes maior do que aquele observado no tratamento sem o uso de fertilizantes (testemunha). Com a aplicação de 110 kg N-ureia $ha^{-1}$ no tratamento NPK o milho acumulou aproximadamente 91% da quantidade de N acumulado no tratamento com aplicação de 16 Mg $ha^{-1}$ de composto (dose de 100%).

O tratamento com NPK acumulou em torno de 180 kg de N $ha^{-1}$, acúmulo esse que seria obtido com uma dose de 12,4 Mg $ha^{-1}$ do composto, aproximadamente.

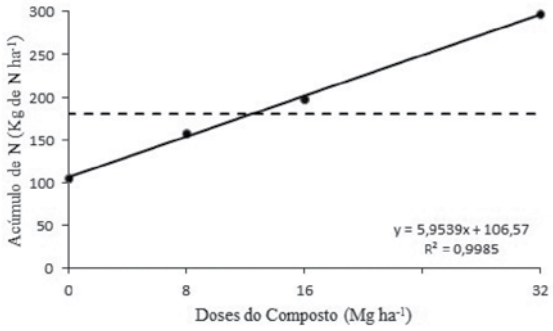



Figura 3. Acúmulo de N pela parte aérea do milho (palha e grãos) em função das doses do composto e da adubação mineral (NPK). A linha tracejada indica o acúmulo de N com adubação com NPK.

Embora a maior produtividade de grãos e a maior quantidade de N acumulado pelo milho foram obtidas no tratamento com a maior dose do composto de pó de tabaco (36 Mg $ha^{-1}$), os índices que avaliam a eficiência de uso do N pelas culturas (EAN e RAN) foram maiores no tratamento com adubação mineral (Tabela 1). Tais resultados eram esperados, visto que o N contido na ureia, no tratamento com adubação mineral, é rapidamente disponibilizado ao milho, enquanto que a maior parte (85%) do N contido no composto de pó de tabaco está presente na forma orgânica, precisando ser disponibilizado às plantas via mineralização pela população microbiana heterotrófica do solo. Como no composto predominam formas orgânicas de N, era esperado também que a EAN diminuísse com o aumento das doses de composto. No mesmo sentido que a EAN e pelas mesmas razões, a RAN no tratamento NPK (68,3%) também foi superior à média das três doses do composto de tabaco (23,6%), as quais não diferiram entre si.

Apesar da EAN ter sido menor com o composto do que com a ureia, é importante destacar que esses resultados do milho se referem a apenas três aplicações das duas fontes de N nas mesmas parcelas. Com mais aplicações sucessivas de composto na mesma área, a diferença da EAN entre as duas fontes de N deverá diminuir. Isso porque a aplicação do composto aumenta a reserva de N orgânico do solo, o qual vai sendo gradativamente mineralizado (NYIRANEZA et al., 2010) e poderá ser aproveitado pelas culturas subsequentes. A situação desejada, tanto do ponto de vista agronômico quanto ambiental, é que a taxa de mineralização microbiana desse N orgânico estocado no solo ocorra em sincronia com a demanda em N das culturas. Caso a quantidade de N mineralizado supere a demanda das culturas, como provavelmente ocorra com aplicações sucessivas de doses elevadas como por exemplo a dose de 200% do presente estudo, o excesso de N poderá provocar contaminação ambiental, principalmente por desnitrificação, volatilização de amônia ($NH_3$) para a atmosfera e lixiviação de nitrato ($NO_3^-$) para as águas subterrâneas (TREMBLAY e BÉLEC, 2006).

| Tratamentos | EAN (kg grão $kg^{-1}$ N) | RAN (%) |
|---|---|---|
| 50 % dose | 14,7 | 25,4 |
| 100 % da dose | 10,7 | 22,3 |
| 200% da dose | 7,2 | 23,1 |
| NPK | 41,3 | 68,3 |

Tabela 1. Eficiência agronômica do N (EAN) e recuperação aparente do N (RAN) aplicado no milho com doses de composto de pó de tabaco e adubação mineral (NPK).

## CONCLUSÕES

A aplicação de composto de pó de tabaco aumentou a produtividade de grãos e a quantidade de N acumulado pelo milho, sendo que o aumento foi diretamente relacionado à dose de composto aplicada.

A aplicação de 16 Mg $ha^{-1}$ de composto produziu resultados no milho, próximos daqueles obtidos com a dose recomendada de N-ureia na cultura.

A eficiência de uso do N pelo milho foi maior no tratamento com adubação mineral do que nos tratamentos com adição de composto.

## REFERÊNCIAS

Associação dos Fumicultores do Brasil - AFUBRA. Fumicultura no Brasil, 2019. [Acessado em: 21 ago. 2020]. Disponível em: https://afubra.com.br/fumicultura-brasil.html.

Coelho, AM. Nutrição e Adubação do Milho. Circular técnica 78, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastaecimento - Embrapa, Minas Gerais, 2006.

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro/2019. [Acessado em: 21 ago. 2020]. Disponível em: http://www.conab.gov.br/.

Craswell ET, Godwin DG. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates. In: Tinker PB, Lauchil A (eds) Adv Plant Nutr, v.1, p. 1-56, 1984.

Dinael DR. Tratamento de resíduo de tabaco por compostagem e vermicompostagem. [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2012.

Nyiraneza J, Chantigny MH, N'Dayegamiye A, Laverdière MR. Long-Term Manure Application and Forages Reduce Nitrogen Fertilizer Requirements of Silage Corn–Cereal Cropping Systems. Agronomy Journal, v. 102, p. 1244-1251, 2010.

Oruoski P. Mineralização do Carbono e do Nitrogênio de resíduos da indústria fumageira no solo e fornecimento de Nitrogênio ao Capim Sudão. [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2019.

Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco - SindiTabaco, 2019. [Acessado em: 21 de ago. 2020]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriaistematicas/documentos/camaras-setoriais/tabaco/2019/sinditabaco-relatorio-institucional-2019.pdf.

Souza ED, Carneiro MAC, Paulino HB. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, p. 1135-1139, 2005.

Tremblay NC, Bélec C. Adapting nitrogen fertilization to unpredictable seasonal conditions with the least impact on the environment. HortTechnology v. 16, p.408–412, 2006.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Concentração de Fósforo e Potássio nos Grãos de Soja Cultivada no Brasil

Dionata Filippi[1]; Lucas Aquino Alves[2]; João Pedro Moro Flores[2]; Luiz Gustavo de Oliveira Denardin[2]; Vítor Gabriel Ambrosini[3]; Tales Tiecher[3]

[1]Acadêmico de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS, 9154-000, dionatafilippi7@hotmail.com; [2]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS; [3]Pós-doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS; [4]Professor do Departamento de Solos, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja [*Glycine max* (L.) Merril], ultrapassando 120 milhões de toneladas de grãos na safra 2019/2020 (CONAB, 2020). Esse montante de grãos, exporta das lavouras brasileiras cerca de 0,65 e 2,0 milhões de megagramas de fósforo (P) e potássio (K), respectivamente. O K é o segundo nutriente mais abundante nas plantas e o P o terceiro, sendo que a soja necessita em torno de 47 e 19 kg de cada nutriente para produzir uma megagrama de grãos (BENDER et al., 2015). As plantas absorvem o P e o K da solução do solo, que por sua vez são abastecidos pelo equilíbrio com o P e o K adsorvido na fase sólida do solo. Para manter um suprimento adequado desses nutrientes para o desenvolvimento da soja, é necessário aumentar o teor de P e de K no solo através da adubação de correção, e depois disso, adicionar a cada safra a mesma quantidade de P e de K exportado pelos grãos para evitar exaurir a fertilidade do solo e garantir a manutenção das altas produtividades da cultura (CQFS-RS/SC, 2016; PAULETTI; MOTTA, 2019).

Dessa maneira, em sistemas de produção que as perdas de P e K são mínimas, o manejo da adubação de reposição pode basear-se na exportação desses nutrientes pelos grãos. No entanto, a cultura da soja passou por mudanças genéticas e melhorias nas práticas de manejo do solo e de plantas ao longo dos anos, aumentando o rendimento de grãos (BALBOA et al., 2018). E essas interações entre fatores genéticos e ambientais podem influenciar na composição química dos grãos (JUHÁSZ et al., 2017). Além disso, os valores de referência da concentração de nutrientes nos grãos de soja utilizados pelos sistemas oficiais de recomendação presentes no Brasil apresentam grande variabilidade.

Assim, é importante entender a variabilidade na concentração de P e de K nos grãos de soja ao longo dos anos e como essa mudança pode estar relacionada com os grupos de materiais genéticos da soja e com a produtividade de grãos. Devido à extensão continental do Brasil, realizar amostragens de grãos nas diferentes regiões produtoras despende alto custo financeiro e logístico. Uma maneira de obter um banco de dados representativo e confiável, é compilar os dados já disponíveis na literatura e avaliar por meio de uma meta-análise (ROTUNDO et al., 2009).

Os objetivos deste estudo foram: (i) analisar a relação da concentração de fósforo e potássio nos grãos com o rendimento de grãos e (ii) com diferentes grupos de materiais genéticos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A concentração de P e de K nos grãos de soja produzida em diferentes regiões do Brasil foi avaliado através de trabalhos disponíveis na literatura, através das fontes: Science Direct, Scielo e Google Scholar. A base de dados é oriunda de experimentos a campo, em casa de vegetação e lotes de sementes. Foram selecionados artigos científicos (41), teses de doutorado (5), dissertações de mestrado (10) e informativos técnico e resumos científicos de anais de congressos (4). Foram retiradas informações complementares como a produtividade de grãos (kg $ha^{-1}$) e o grupo de material genético que as cultivares pertenciam, classificando-as em quatro grupos: genótipo convencional (Não-RR); Roundup Ready (RR-1), Intacta RR2 PRO (RR-2), e não informado.

Cada valor apresentado contendo a concentração de P e de K nos grãos, incluindo repetições experimentais, foram considerados como uma observação. No total, foram catalogadas 603 e 772 observações para P e K, respectivamente. As observações que estavam três desvio-padrão acima ou abaixo da média, foram considerados como outliers e excluídas, sendo 38 e 44 observações para P e K, respectivamente.

Para quantificar o teor médio dos nutrientes nos grãos, o conjunto de dados foi submetido à análise estatística bootstrap usando StatKey v.2.1.1, gerando 5.000 observações para cada nutriente.

Foi realizada análise de regressão linear entre a concentração dos nutrientes nos grãos e o rendimento de grãos ($p < 0,05$). Foram utilizadas 310 e 468 observações para P e K, respectivamente, com faixa de rendimento de grãos entre 0,4 e 4,8 Mg $ha^{-1}$.

Para avaliação da concentração de P e K nos grãos de acordo com o grupo de material genético foram selecionadas as observações com rendimento acima de 4,0 Mg $ha^{-1}$. A seleção deste conjunto de dados buscou avaliar de maneira indireta o melhoramento genético que as cultivares receberam ao longo dos anos visando alcançar altas produtividades. Um teste não paramétrico (Kruskal-Wallis *H*-test) foi utilizado para avaliar a diferença do teor de P e de K nos grãos desses genótipos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração média de P e de K nos grãos de soja foi 5,4 e 16,7 kg $Mg^{-1}$ grãos, variando de 3,2 a 7,5 e de 9,3 a 23,9 kg $Mg^{-1}$ grãos, respectivamente.

O aumento do rendimento de grãos de soja ($p < 0,001$; Figura 1 e 2) reduziu a concentração de P e de K nos grãos.

A redução na concentração de P nas sementes de soja com o aumento da produtividade de grãos pode estar relacionada à redução da partição de P para os órgãos reprodutivos com o aumento da eficiência interna do fósforo (Figura 1) (BALBOA et al., 2018), havendo um maior rendimento de grãos, porém com menor concentração de P nos grãos. A soja absorve mais de 45% do P total absorvido durante o período de enchimento das sementes (estádio fenológico R4) (BENDER et al., 2015). Logo, garantir adequado teor de P disponível no solo até a fase final da cultura é essencial para garantir a nutrição adequada das plantas, possibilitando, um incremento na concentração desse nutriente nas sementes.

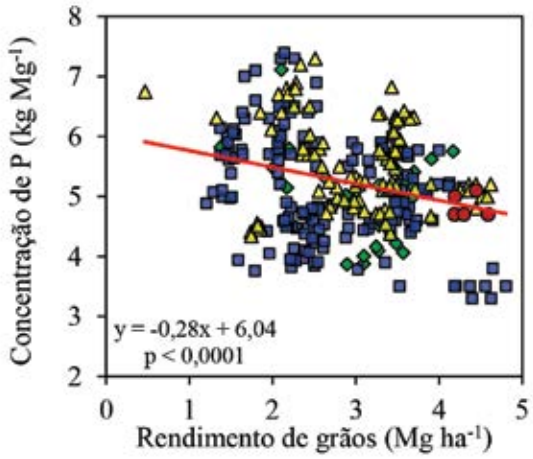



Figura 1. Relação entre a concentração de P nos grãos e o rendimento de grãos de soja. Linha vermelha representa relação negativa ($p < 0,05$). Coloração azul representa genótipo Não-RR (n=171); amarela representa genótipo RR-1 (n=97); vermelha representa genótipo RR-2 (n=5); e verde representa os dados sem a informação da cultivar (n=37).

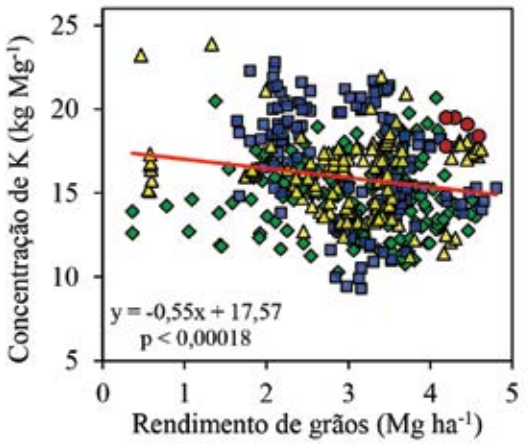
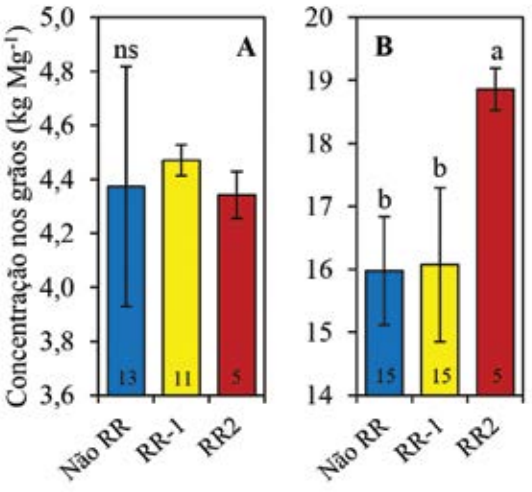



Figura 2. Relação entre a concentração de K nos grãos e o rendimento de grãos de soja. Linha vermelha representa relação negativa ($p < 0,05$). Coloração azul representa genótipo Não-RR (n=166); amarela representa genótipo RR-1 (n=128); vermelha representa genótipo RR-2 (n=5); e verde representa os dados sem a informação da cultivar (n=169).

Em contrapartida, a diminuição da concentração de K nas sementes de soja pode estar relacionada ao menor índice de colheita de K ou eficiência interna de K (Figura 2) (BALBOA et al., 2018), apesar de uma maior absorção de K pela planta. Cerca de ¾ da absorção total de K pode ocorrer antes do estágio de enchimento das sementes (estádio fenológico R4). No entanto, menos da metade (cerca de 46%) do total acumulado na planta pode ser remobilizado para as sementes (BENDER et al., 2015), reduzindo a concentração desse nutriente nesse órgão sob altas produtividades.

Dessa maneira, é necessário manter níveis adequados de P e de K disponível no solo, principalmente até o período de enchimento dos grãos, garantindo melhor nutrição para a planta, refletindo em aumento do rendimento de grãos.

A concentração de P nos grãos de soja não foi influenciada pelos grupos de material genético, apresentando concentração média de 4,7 kg Mg ha$^{-1}$ (Figura 3A). Já, a concentração de K nos grãos de soja em altos rendimentos de produtividade (> 4,0 Mg ha$^{-1}$) sofreu influência dos materiais genéticos (Figura 3B). As cultivares do grupo de material genético RR-2 apresentaram concentração de K nos grãos 18% superior comparadas com cultivares do grupo Não-RR e RR-1.



grãos em cada grupo de material genético (Não-RR; RR-1 e RR-2). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste H de Kruskal-Wallis ($p$ <0,05). As barras representam o desvio padrão. O número na base de cada coluna representa o número de observações.

Essa diferença na concentração de K nos grãos entre os grupos de material genéticos, pode estar associada a fatores relacionados ao melhoramento genético das variedades ou influenciada por fatores ambientais.

O K atua no transporte de carboidratos na planta, favorecendo a síntese de óleo nos grãos (USHERWOOD, 1994). Ao longo dos anos, com o melhoramento genético as cultivares têm demonstrado menor teor de proteínas nos grãos e aumento do teor de óleo (ROTUNDO et al., 2014). Logo, a interação entre fatores genéticos e ambientais podem favorecer o aumento na concentração de K nos grãos relacionados ao metabolismo de acúmulo de óleo nesses órgãos. Além disso, é evidente que as doses de reposição de K devem ser diferentes de acordo com o material genético implantado, sendo necessário aumentar a dose para o grupo de material genético RR-2 (Figura 3B).

O P se acumula nas sementes principalmente como fosfatos de inositol, na forma de ácido fítico (LOLAS et al., 1976). Ele atua como componente integral de compostos como açúcares fosfato, fosfolipídeos que compõem membranas, e atua no metabolismo energético (TAIZ; ZEIGER, 2017). Apesar das cultivares de soja serem melhoradas geneticamente, possivelmente sob altos rendimentos de grãos (> 4,0 Mg $ha^{-1}$), ocorre uma eficiência de particionamento do P para os grãos de maneira similar, não havendo mudança na concentração desse nutriente nos grãos para os diferentes grupos de materiais genéticos.

## CONCLUSÕES

Uma megagrama de grãos de soja exporta em média 5,4 e 16,7 kg de P e de K. O aumento do rendimento de grãos promove redução na concentração de P e K nos grãos. As cultivares de soja mais recentes do grupo genético RR-2 possuem maior concentração de K nos grãos comparadas com cultivares do grupo Não-RR e RR-1. A concentração de P nos grãos não foi influenciada pelos grupos de materiais genéticos.

Esses resultados podem ajudar a aumentar a eficiência no uso dos fertilizantes fosfatados e potássicos, tornando mais assertivo a dose de fertilizante de acordo com a remoção da safra anterior, além de fornecer informações para futuras pesquisas buscando melhorar o entendimento da influência genética na composição química dos grãos.

## REFERÊNCIAS

Balboa GR, Sadras VO, Ciampitti IA. Shifts in soybean yield, nutrient uptake, and nutrient stoichiometry: A historical synthesis-analysis. Crop Science. 2018;58:43–54. doi: 10.2135/cropsci2017.06.0349

Bender RR, Haegele JW, Below FF. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. Agronomy Journal. 2015;107(2)-563. doi:10.2134/agronj14.0435

Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2019/2020 – décimo primeiro levantamento, agosto/2020. [Acessado em: 20 set. 2020]. Disponível em: http://www.conab.gov.br/.

Juhász ACP, Ciabotti S, Teixeira LCA. Melhoramento para obtenção da qualidade nutricional. In: Silva F, Borém A, Sediyama T, Ludke W. (Org.). Melhoramento da Soja. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2017, v. 1, p. 479-505.

Lolas GM, Palamidids N, Markakis P. The phytic acid total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans, and wheat. Cereal Chem. 1976. 53:867–871.

Pauletti V, Motta ACV. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2 ed. Curitiba: NEPAR- SBCS; 2019.

Rotundo JL, Borrás L, Bruin JD, Pedersen P. Soybean nitrogen uptake and utilization in Argentina and United States cultivars. Crop Science. 2014;54:1153–1165. doi: 10.2135/cropsci2013.09.0618

Taiz L, Zeiger E. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre: Artmed. 2017. 6 ed.

Usherwood NR. Potassium interactions and balanced plant nutrition. Better Crops with Food, Atlanta, v. 77, n. 1, p. 26-27, 1994.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Concentrações de nitrato, potássio e condutividade elétrica em um nitossolo sob distintos manejos e cobertura de plantas na cultura do alho

Lucas Matheus Torezan[1]; Guilherme Coldebela[1]; Bruno Cavalett Do Nascimento[1]; Neuro Hilton Wolschick[2]; Leandro Hahn[3]

[1]Estudantes de Agronomia da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp). Endereço: Linha Casteli, Interior, E-mail: lucasmtorezan@gmail.com; [2]Professor da Uniarp; [3]Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp

## INTRODUÇÃO

Considera-se a forma tradicional de manejo do solo adotada na cultura do alho incompatível entre a aptidão agrícola da maioria das terras e seu uso efetivo. O manejo inadequado do solo além dos prejuízos diretos para o agricultor traz perdas para a sociedade como um todo pelos problemas ambientais causados pelo assoreamento dos mananciais que contribuem para aumentar as enchentes com graves consequências econômicas e sociais.

Neste cenário, o sistema de plantio direto (SPD) é uma alternativa de manejo do solo que deve ser buscada por técnicos e pesquisadores (LUCIANO et al., 2010); além de outras práticas conservacionistas do solo, tais como: cultivo mínimo, rotação de culturas, consórcio de espécies vegetais, adubação verde e plantas de cobertura (SILVA et al., 2009).

Estas práticas alteram positivamente as propriedades do solo (LOSS et al., 2009), tal como o incremento dos teores de matéria orgânica do solo (MOS). A MOS afeta a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação do solo, a infiltração e a retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana do solo (PINHEIRO et al., 2004).

Em que medida o manejo do solo e plantas de cobertura do solo afetam a disponibilidade de nitrato ($NO_3^-$), potássio ($K^+$) e a condutividade elétrica da solução (δ) do solo é pouco estudado, principalmente no contexto do manejo de solo conservacionista de hortaliças como o alho. Estas informações são especialmente importantes pelo fato do alho ser muito sensível ao nitrogênio e potássio (HAHN et al. 2020). Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi avaliar as concentrações de $NO_3^-$, $K^+$ e a δ do solo na superfície e subsuperfície sob cultivo de alho influenciado pelos manejos convencional e reduzido do solo, bem como pelas distintas coberturas antecessoras ao cultivo do alho.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área da pesquisa está localizada na estação experimental da Epagri, localizada no município de Caçador, SC. O solo é classificado como Nitossolo Bruno distrófico típico (EMBRAPA,

2013), e o clima é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen.

O experimento foi conduzido no cultivo de alho da cultivar Chonan, com os tratamentos organizados num esquema fatorial 3x2, compreendendo três espécies de plantas de cobertura, antecedente ao alho (milheto, crotalária e feijão) e dois sistemas de manejo do solo (cultivo reduzido - CR e sistema plantio convencional - SPC).

As plantas de cobertura foram semeadas em dezembro de 2018, após manejo do solo com uma escarificação e uma aração e após a semeadura, uma gradagem para incorporar as sementes. No mês de maio de 2019, fez-se o manejo das plantas de cobertura com um equipamento de trituração acoplado ao trator. O plantio da cultura do alho foi realizado no dia 17 de junho; no manejo convencional do solo, realizouse a construção de canteiros com o auxílio de uma enxada rotativa. Já no manejo reduzido, utilizou-se uma semeadora de grão na qual as peças referentes a semeadura de grãos e posterior compactação do solo sobre a semente, foram retirados. Apenas o disco de corte e a haste sulcadora de adubação foram usados para abrir um sulco e aplicar parte da adubação. O plantio do alho foi realizado manualmente nos dois manejos, com cinco fileiras por canteiro, espaçadas em 22,5 cm; nas duas fileiras laterais numa distância entre plantas na linha 8 cm e nas três fileiras centrais, 9 cm. A adubação para ambos os tratamentos foi o mesmo e consistiu na dose de 50 kg $ha^{-1}$ de N (20 no plantio e 30 em cobertura após 30 dias de plantio), 475 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ e 350 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$.

Na época de diferenciação das plantas (formação dos bulbilhos), cerca de 100 DAP e imediatamente antes da aplicação da segunda dose de N, coletou-se a solução na superfície e subsuperfície do solo. Na superfície realizou-se uma coleta composta de porções de solo na camada superficial (0 – 2,5 cm) após a chuva quando o solo se encontra na capacidade de campo. No laboratório, com o auxílio de um conjunto de filtragem, procedeu-se a separação da solução do solo, após as amostras permanecerem por 12 horas em solução com água destilada na proporção de 1:1. Calculou-se o fator de diluição com o teor de umidade do solo e a quantidade de água deionizada adicionada. Para obter as amostras da solução subsuperficial, quatro extratores de cápsula porosa foram instalados no canteiro central de cada parcela, até a profundidade de 20 cm, medida a partir da metade da altura da cápsula porosa. Após 24h, as soluções extraídas foram coletadas, armazenadas sob refrigeração, até que suas leituras determinassem os níveis de $NO_3^-$ por meio de medidor de íons seletivo, modelo Laqua Twin B-743 (Horiba Ltda, Kyoto, Japão) e condutividade elétrica (CE), por meio do modelo portátil Benchtop AK51 (Akso, Porto Alegre, Brasil). Os teores de $K^+$ foram determinados por meio de medidor de íons seletivo modelo Laqua Twin B-731 (Horiba Ltda, Kyoto, Japão).

Os resultados, foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados, e submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste Tukey a 5%, usando o programa "R", versão 3.0.3 (Team RDC, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações que resultam do manejo do solo apresentaram um efeito substancial sobre as concentrações de nitrato, potássio e CE do solo, como pode ser observado na Tabela 1.

Distintos manejos não afetaram as concentrações de $NO_3^-$ e $K^+$ na solução do solo na superfície (0 a 2,5 cm). Os valores médios para os distintos manejos foram de 990,8 e 25,3 mg $L^{-1}$ para o $NO_3^-$ e $K^+$, respectivamente. Para a CE do solo, o valor médio entre os distintos manejos foi de 0,209 µS $cm^{-1}$. Esses resultados podem estar relacionados à grande variabilidade dos valores co-

letados no campo, mostrado pelos elevados valores de coeficiente de variação, principalmente nas variáveis concentração de $K^+$ e na CE do solo, cujos valores estão acima de 70%.

Quando se compara as distintas coberturas do solo, antecessoras ao cultivo do alho, observou-se interação dentro de cada manejo, para a variável concentração de $NO_3^-$ na superfície. Tanto no manejo convencional, como no manejo reduzido, a cobertura da crotalária foi superior ao feijão. Essa diferença está em 28 e 21% maior na crotalária. A cobertura milheto não apresentou diferença entre as coberturas avaliadas dentro de cada manejo. A superioridade da cobertura de crotalária pode ser explicada pelo fato da cultura estar na fase de florescimento e enchimento de grão no momento que realizou-se a trituração das coberturas (30 dias antes do plantio do alho). Já a cobertura do feijão, estava em avançado estágio de decomposição dos resíduos, o que provavelmente influenciou na disponibilidade antecipada do N na solução do solo em relação aos resíduos da crotalária. Resíduos vegetais de plantas leguminosas apresentam alto potencial de fornecer nitrogênio ao solo e à cultura sucessora (Coutinho et al., 2010).

Na subsuperfície (20 cm) observou-se concentrações distintas em relação à superfície do solo. Não houve diferença entre os manejos e as coberturas na concentração do $NO_3^-$, com valores de 85,12 mg $L^{-1}$ em média. Já na concentração de $K^+$, houve diferença, onde o manejo convencional apresentou uma concentração 2,3 vezes maior em relação ao manejo reduzido.

As diferenças na concentração de $K^+$ na camada susuperficial têm relação direta com o manejo adotado, no manejo convencional o solo foi preparado com a enxada rotativa, incorporando todos os resíduos das culturas, bem como os nutrientes aplicados para a cultura do alho no momento do plantio. A incorporação dos resíduos favorece a decomposição, pelo fato do material estar em maior contato com o solo, induzindo uma maior atividade dos microrganismos decompositores. Resultado semelhante foi obtido por Gonçalves et al. (2010) ao verificar que a decomposição dos resíduos é mais lenta no plantio sem revolvimento do solo.

O manejo reduzido do solo aumentou a CE da solução do solo na subsuperfície em comparação ao manejo convencional, apesar dos maiores teores de $K^+$ na solução do manejo convencional. Provavelmente a presença de outros íons, não avaliados na presente pesquisa, possam explicar estas diferenças.

## CONCLUSÕES

Tanto no manejo convencional, como no manejo reduzido, a crotalária foi superior ao feijão na concentração de nitrato na camada superficial do solo (0 a 2,5 cm). Na camada subsuperficial (20 cm) a concentração de K+ foi maior no manejo convencional do solo.

**AGRADECIMENTOS:** À Uniarp, ao CNPq, ao FAP (Edital 2019.001 e Artigo 171) à FAPESC, e a UDESC, pelo apoio financeiro neste projeto.

## REFERÊNCIAS

Coutinho FS, Loss A, Pereira MG, Rodrigues Júnior DJ, Torres JLR. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto. Com Sci, 2010;1:100-105. doi:

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília, DF. Embrapa, 353p. 2013.

Gonçalves SL, Saraiva OF, Franchini JC, Torres E. Decomposição de resíduos de aveia e trigo em função do tempo e do manejo do solo / Sérgio Luiz Gonçalves... [et al.]. – Londrina: Embrapa Soja, 2010. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.4).

Hahn L, Paviani AC, Feltrim AL, Wamser AF, Rozane DE, Reis AR. Nitrogen doses and nutritional diagnosis of virus free garlic. Rev Bras Cienc Solo. 2020;44:e0190067. doi: https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190067

Loss A, Basso A, Oliveira BS, Koucher LP, Oliveira RA, Kurtz C, Lovato PE, Curmi P, Brunetto G, Comin JJ. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. Rev Bras Cienc Solo; 2015:39:1212-1224. doi: 10.1590/01000683rbcs20140718.

Luciano RV, Albuquerque JA, Mafra AL, Costa A, Grah EJ. Water storage variability in a vineyard soil in the southern highlands of Santa Catarina state. Rev Bras Cienc Solo, 2014;38:82-93. doi: 10.1590/S0100-06832014000100008.

Pinheiro EFM, Pereira MG, Anjos LHC. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. Soil Tillage Res, 2004;77:79-84. doi: https://doi.org/10.1016/j.still.2003.11.005.

Silva AC, Hirata EK, Monquero PA. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. Pesq Agrop Bra, 2009, 44(01):22-28. doi: 10.1590/S0100-204X2009000100004.

**Tabela 1.** Concentrações de nitrato ($NO_3^-$) e potássio ($K^+$), e condutividade elétrica da solução (CE) do solo na superfície e subsuperfície (20 cm), na época de diferenciação das plantas de alho sob distintos manejos e coberturas para um Nitossolo em Caçador, SC.

| Manejos | Coberturas | $NO_3^-$ | $K^+$ | CE |
|---|---|---|---|---|
| | | ------ mg $L^{-1}$ ------- | | $\mu S\ cm^{-1}$ |
| | | Superfície (0 a 2,5 cm) | | |
| Convencional | Crotalária | 1183 a | 13,58 ns | 0,165 ns |
| | Feijão | 847 b | 33,46 | 0,301 |
| | Milheto | 916 ab | 27,16 | 0,223 |
| | Média | 982 | 24,73 | 0,230 |
| Reduzido | Crotalária | 1173 a | 17,46 ns | 0,136 ns |
| | Feijão | 897 b | 31,04 | 0,252 |
| | Milheto | 926 ab | 29,1 | 0,179 |
| | Média | 998 | 25,87 | 0,189 |
| | Média Geral | 990,8 | 25,3 | 0,209 |
| | CV (%) | 23,08 | 82,47 | 71,95 |
| | | Subsuperfície (20 cm) | | |
| Convencional | Crotalária | 94,25 ns | 12,37 | 0,427 |
| | Feijão | 89,37 | 16,25 | 0,200 |
| | Milheto | 92,62 | 11,12 | 0,330 |
| | Média | 92,08 | 13,25 A | 0,319 B |
| Reduzido | Crotalária | 90,00 ns | 3,00 | 0,600 |
| | Feijão | 74,62 | 3,47 | 0,461 |
| | Milheto | 69,75 | 6,00 | 0,606 |
| | Média | 78,12 | 4,16 B | 0,555 A |
| | Média Geral | 85,1 | 8,7 | 0,438 |
| | CV (%) | 21,45 | 112,22 | 34,88 |

Médias seguidas de letras maiúsculas para o fator manejo e letras minúsculas para o fator cobertura do solo iguaisnão diferem entre si (Tukey $p<0,05$).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Curva de nitrogênio para novas cultivares de arroz irrigado

Thierley Vitoria Abreu[1]; Thiago Maciel Muller[1]; Cristiele Bergmann[1,2]; Glaciele Barbosa Valente[2]; Roberto Carlos Doring Wolter[2]

[1]Estudante, Universidade Federal de Pelotas, Av. Eliseu Maciel, s/n, Capão do Leão - RS, 96160-000, vitoriathierley@gmail.com; [2]Pesquisador, Instituto Rio Grandense do Arroz.

## INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais consumidos mundialmente, sendo elemento básico na alimentação da maioria dos povos, e a produtividade final da cultura depende da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas, além do clima. A adubação é um dos fatores que proporciona a demonstração do potencial produtivo da cultura, sendo o nitrogênio um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas em praticamente todos os estádios de desenvolvimento da cultura (MARUMOTO, 1986).

O N faz parte das moléculas de clorofila, do citocromo e de todas as enzimas e coenzimas, além de ser elemento constituinte de proteínas e ácidos nucléicos (MALAVOLTA et al., 1997). No arroz, tem papel fundamental na formação da panícula e dos grãos (BARBOSA FILHO, 1987). Também estimula o crescimento do sistema radicular e, consequentemente, favorece o perfilhamento, o número de panículas $m^{-2}$ e o número de grãos por panícula (HUSAIN; SHARMA, 1991).

No cultivo de arroz, diversos fatores contribuem para a elevação da produtividade de grãos e otimização do retorno econômico da cultura, destacando-se a identificação de cultivares com elevada eficiência de uso de nutrientes e a otimização do manejo da adubação para a cultura.

No Rio Grande do Sul, o melhoramento genético desempenha papel fundamental no desempenho produtivo da lavoura de arroz. O aumento na produção de arroz está fundamentado na disponibilidade de cultivares com alto potencial produtivo. Uma forma de fortalecer os programas regionais de melhoramento do arroz, bem como as ações de pesquisa em manejo da cultura, consiste em estabelecer curvas de resposta a nutrientes para novas cultivares e genótipos elite, de forma a possibilitar-lhes expressar integralmente seu potencial produtivo.

Dentre os mais recentes lançamentos de materiais de arroz irrigado, tem-se a cultivar Irga 431 CL, lançada em 2018 pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). É previsto que essa cultivar de ciclo precoce (120 dias) tenha potencial produtivo superior ao da cultivar Guri Inta CL, também de ciclo precoce, cultivar que foi a segunda mais semeada na safra 2019/20 (IRGA, 2020) e semelhante da cultivar BRS Pampa CL também de ciclo precoce (118 dias), lançada em 2019 pela Embrapa. A cultivar Memby Porá Inta CL foi lançada em 2020 pela BASF sendo desenvolvida em parceria com o Instituto Nacional de

Tecnologia e Agropecuária (INTA) da Argentina, é uma cultivar de ciclo médio de 125 dias, que já será disponibilizada para a safra 2020/21 com o intuito de fortalecer as cultivares do RS. Existe a necessidade de entender melhor o potencial produtivo dessas novas cultivares e suas respostas a aplicação de N.

Assim, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a influência de diferentes doses de N nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos das cultivares de arroz irrigado Irga 431 CL, BRS Pampa CL, Guri Inta CL e Memby Porá Inta CL.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação de Pesquisa do IRGA localizada no município de Santa Vitória do Palmar-RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em fatorial 4x8, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro cultivares de arroz irrigado: Irga 431 CL, BRS Pampa CL, Guri Inta CL e Memby Porá Inta CL e oito doses de N: 0, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 kg ha-1, na forma de ureia.

A semeadura do arroz foi realizada no dia 11 de novembro de 2019, com densidade de 100 kg $ha^{-1}$ de sementes. As parcelas mediam 1,53 x 5 m, com espaçamento entrelinhas de 0,17 m. A adubação de base, realizada na semeadura, foi de 400 kg ha do adubo de fórmula 04 17 27, determinada a partir dos resultados da análise de solo para expectativa de resposta Muito Alta à adubação. O controle de plantas daninhas, insetos e doenças foi realizado conforme as recomendações da pesquisa para a cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2018).

Para todas as doses de N, a aplicação foi parcelada em duas épocas, 2/3 no estádio V3/V4, conforme escala de Counce et al. (2000), e 1/3 no estádio R0. Nas doses de N foi desconsiderada a quantidade de N aplicada na adubação de base.

As avaliações realizadas foram: contagem de panículas por $m^2$ (em R8), determinadas através da contagem em 2 m lineares por parcela. O número de grãos por panícula, a esterilidade de espiguetas e o peso de 1000 grãos foram obtidos através da coleta de um maço de panículas por parcela em pré-colheita (em torno de 50 panículas $parcela^{-1}$).

A produtividade foi determinada através da colheita de uma área de 4,76 $m^2$ centrais de cada unidade experimental. Após a trilha desse material foi realizado a pesagem e a determinação de umidade, e calculada a produtividade corrigindose a umidade dos grãos para 13%.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e quando significativos ($p<0,05$), comparados pelo teste de comparação de médias de Duncan, a 5 % de probabilidade (fator qualitativo) e análise de regressão polinomial (fator quantitativo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da ANOVA mostraram que os efeitos da interação entre os fatores cultivares x doses de N não foram significativos para todas variáveis avaliadas, assim serão apresentados e discutidos os efeitos principais de cultivar e doses de N.

Os maiores rendimentos de grãos foram alcançados pelas cultivares BRS PAMPA CL (11.352,8 kg $ha^{-1}$) e IRGA 431 CL (11.127,1 kg $ha^{-1}$), equivalentes entre si. Já as cultivares Memby Porá Inta CL com a produtividade de 10.810 kg $ha^{-1}$ e Guri Inta CL com 10.704 kg $ha^{-1}$ obtiveram os menores resultados (Tabela 1).

Ao analisarmos os componentes de rendimento, o que resultou para essa maior produtividade da cultivar BRS Pampa CL foi possuir o maior número de grãos por panícula e o maior peso de mil grãos. A cultivar Irga 431 CL apre-

sentou o nº de panículas superior as demais cultivares com 583 panículas por m², esse foi o componente de rendimento definitivo para a produtividade de grãos dessa cultivar ser superior as cultivares Memby Porá Inta CL e Guri Inta CL (Tabela 1). O número de panículas por m² é o principal componente de rendimento de grãos para a cultura do arroz (MARIOT et al., 2003).

O que ocasionou as menores produtividades da cultivar Guri Inta CL, além do menor n° de panículas por m² (545), foi um baixo n° de grãos por panícula (94,7). Já para a cultivar Memby Porá Inta CL, o que prejudicou a produtividade, foi um baixo n° de panículas por m² (531), uma alta esterilidade de espiguetas (24,7%) e o menor peso de mil grãos (24,1 g) (Tabela 1).

Na Figura 1 são apresentados os efeitos das oito doses de nitrogênio no resultado dos componentes de rendimento e produtividade.

O número de panículas por m² apresentou um aumento quadrático para as cultivares em função da elevação da dose de nitrogênio. A dose de 214 kg ha$^{-1}$ de N proporcionou o máximo número de panículas por m² que foi de 598 (Figura 1a).

Para os componentes de rendimentos: número de grãos por panículas e esterilidade de espiguetas não ocorreu diferença significativa em função das doses de nitrogênio (Figura 1b e 1c). Em trabalho realizado por Wolter et al. (2019) também não foi observado efeito de doses de N nesses componentes de rendimento.

O peso de mil grãos apresentou uma redução linear conforme o acréscimo das doses de nitrogênio (Figura 1d). Provavelmente esse efeito esteja mais ligado ao aumento do n° de panículas por m² (Figura 1a), onde as plantas compensaram esse aumento reduzindo o peso de mil grãos.

Na (Figura 1e) é apresentado a produtividade média das quatro cultivares em função das doses de N aplicadas. O rendimento de grãos respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de N aplicadas. A derivada da equação de regressão indicou que a dose de 170 kg ha$^{-1}$ de N promoveu a máxima produtividade na média das quatro cultivares com 11.822 kg ha$^{-1}$. Wolter et al. (2019), verificou que as cultivares Guri Inta CL, Irga 431 CL e Irga 424 RI também responderam de forma quadrática a aplicação de nitrogênio, com as máximas produtividades nas doses de 164, 224 e 201 kg ha$^{-1}$, respectivamente.

O componente de rendimento que mais teve influência na resposta da produtividade de grãos, foi o número de panículas por m², sendo o único que correspondeu significativamente de maneira positiva ao aumento da dose de nitrogênio aplicada (Figura 1a e 1e).

## CONCLUSÕES

O aumento da dose de nitrogênio aplicado promoveu um aumento quadrático do número de panículas por m² das cultivares até a dose de 214 kg ha$^{-1}$.

As cultivares responderam de forma quadrática a aplicação de nitrogênio, com a máxima produtividade de 11.822 kg ha$^{-1}$ com a dose de 170 kg ha$^{-1}$.

**AGRADECIMENTOS:** O primeiro autor agradece ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), 16° NATE/ERZS, pela oportunidade de estágio concedida.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz:** sequeiro e irrigado. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim técnico, 9).

COUNCE, P. et al. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436 - 443, 2000.

HUSAIN, S.M.; SHARMA, U.C. Response of rice to nitrogen fertilizer in acidic soil of Nagaland. **Journal Agricola Science**, v.61, p.662-664, 1991.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Boletim de resultados da lavoura - Safra 2019/2020**. [Acesso em: 20 de agosto de 2020]. Disponível em: https://www.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008-boletim-de-resultados-da-lavourasafra-2019-2020-irga-pdf.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARIOT, C. H. P.; SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 233-241, 2003.

MARUMOTO, T. Microbial nitrogen fixation and its availability to rice plants as revealed with the use of 15N in **Japan. Japan Agricultural Research Quarterly**, Yatabe, v.20, n.2, p.108-114, 1986.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. XXXII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Farroupilha: SOSBAI. 205p, 2018.

WOLTER, Roberto Carlos Doring et al. **Resposta a nitrogênio para as cultivares de arroz irrigado GURI INTA CL, IRGA 431 CL E IRGA 424 RI**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboríu. Anais...Itajaí: Epagri/sosbai, 2019. v. 1, p. 394 - 397.

**Tabela 1.** Número de panículas por metro quadrado, n° de grãos por panícula, esterilidade de espiguetas, peso de mil grãos e produtividade de grãos de quatro cultivares de arroz irrigado, na média de doses de N. Santa Vitória do Palmar, 2019/20.

| Cultivar | N° Panículas m² | N° Grãos Panícula$^{-1}$ | Esterilidade Espiguetas (%) | Peso 1000 grãos (g) | Produtividade (kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Irga 431 CL | 583 a[(1)] | 92,6 b | 21,1 b | 26,1b | 11.127,1 a |
| BRS Pampa CL | 521 b | 109,9 a | 24,2 a | 26,9 a | 11.352,8 a |
| Guri Inta CL | 545 b | 94,7 b | 20,9 b | 26,6 a | 10.704,1 b |
| Memby Porá I. CL | 531 b | 107,7 a | 24,7 a | 24,1 c | 10.810,5 b |
| CV (%) | 11,1 | 14,2 | 24,7 | 2,4 | 5,8 |

[(1)]Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Ducan a 5% de probabilidade.

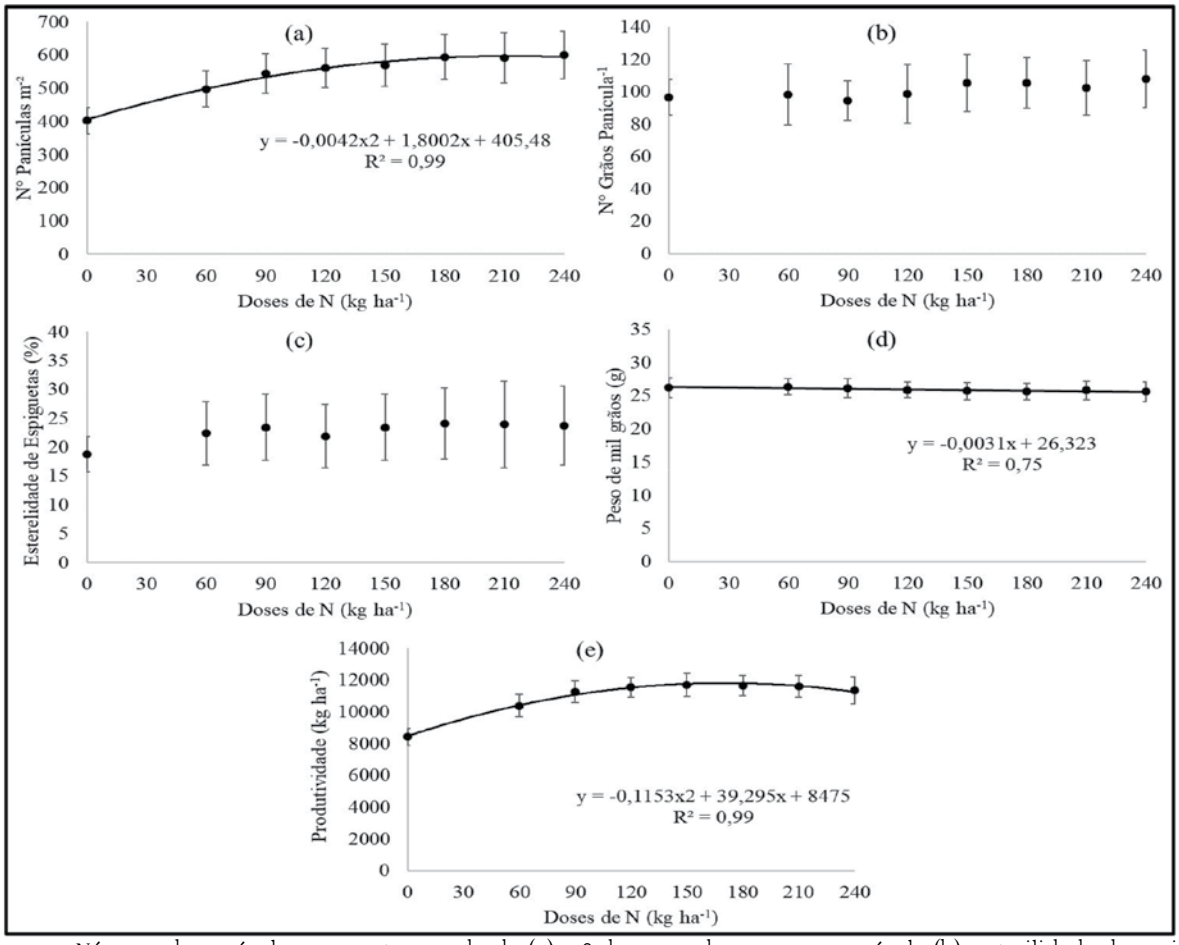



**Figura 1.** Número de panículas por metro quadrado (a), n° de grãos de arroz por panícula (b), esterilidade de espiguetas (c), peso de mil grãos (d) e produtividade de grãos de arroz (e), na média das cultivares Irga 431 CL, BRS Pampa CL, Guri Inta CL e Memby Porá Inta CL em função de doses de nitrogênio. Santa Vitória do Palmar, 2019/20. *Significativo a 1% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Demonstração da essencialidade dos macronutrientes no alho cultivado com solução nutritiva

Mateus Rech[1]; Anderson Fernando Wamser[2]; Leandro Hahn[2]

[1]Acadêmico do Curso de Agronomia, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Rua Olavo Bilac n° 121 Caçador- SC 89503-064, Brasil. E-mail: mateusrech321@hotmail.com; [2]Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e Pesquisador Epagri. E-mail: leandrohahn@epagri.sc.gov.br.

## INTRODUÇÃO

A região Sul do país e o estado de SC são responsáveis, respectivamente, por 25 e 20% da produção nacional de alho (*Allium sativum* L.) (IBGE, 2018), abastecendo parte do mercado interno entre os meses de dezembro e julho.

A cultura é altamente exigente em adubação (CQFS-RS/SC, 2016) e um suprimento equilibrado de nutrientes para as plantas é essencial para evitar a ocorrência de deficiências nutricionais, aumentar a produção de bulbos de qualidade e aumentar a produtividade do alho (HAHN et al., 2020). A adubação equilibrada será importante para aumentar a competitividade da cultura no Brasil em relação ao alho chinês, o principal concorrente do produtor nacional (ANAPA, 2014).

Dentre os inúmeros elementos químicos existentes, para que um deles seja considerado nutriente essencial às plantas, o mesmo não pode ser substituído por nenhum outro quando em falta no interior da planta, bem como deve ter uma atuação direta em algum processo na planta, fazendo-a completar o seu ciclo de vida em sua totalidade (EPSTEIN & BLOOM, 2006). A deficiência nutricional gera uma série de sinais e sintomas visuais que irão indicar a falta de um nutriente. Esses sintomas podem aparecer tanto em folhas novas quanto em folhas velhas, o que dependerá da mobilidade do nutriente no interior do floema (SFREDO & BORKERT, 2004).

Apesar da importância econômica e social do alho, há poucos trabalhos de pesquisa descrevendo e avaliando os sintomas de deficiências nutricionais na cultura. Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar a omissão de macronutrientes na produção de biomassa e área foliar e visualização de sintomas visuais de deficiência em alho cultivado em substrato inerte fertirrigado com solução nutritiva.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada em Caçador – SC. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Plantas de alho foram submetidas à aplicação de sete tratamentos representados por: solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) ajustada para alho, sendo completa e com omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, magnésio e cálcio (Tabela 1). Em vasos de 8,0 L preenchidos com uma mistura 2:1 de areia:vermiculita, foram plantados dois bulbilhos com massa média de 6 g da cultivar Chonan. Os bulbilhos, de 4ª geração de cultivo após

limpeza viral por cultivo de meristemas, foram vernalizados durante 30 dias a uma temperatura de 3 ±2 oC. A solução nutritiva foi adicionada desde o plantio dos bulbilhos conforme a necessidade das plantas. Aos 90 dias após o plantio, na fase de diferenciação visual dos bulbilhos, determinou-se a área foliar total dasplantas de acordo com método não destrutivo baseado na largura e comprimento do limbo foliar (WAMSER et al., 2007). Nesta mesma fase foram feitos registros fotográficos das plantas para caracterizar os sintomas visuais de deficiência nutricional.

Após 140 dias do plantio, determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR), bulbos (MSB) e total (MST) após secagem das plantas em uma estufa de circulação de ar a 65 °C por 48 horas.

Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott, ambos à 5% de probabilidade, com uso do software SISVAR 5.4.

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) ajustada para a cultura do alho.

| Fertilizantes | Completo | - N | - K | - S | - P | - Mg | - Ca |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g/1000L de solução nutritiva | | | | | | |
| Nitrato de amônio | | | | | | 80 | |
| Nitrato de potássio | 505 | | | 202 | 606 | 202 | 606 |
| Nitrato de cálcio | 1180 | | 1180 | 1180 | 1180 | 1298 | |
| Nitrato de magnésio | | | 256 | 512 | | | 640 |
| MAP | | | 115 | | | | |
| MKP | 136 | 136 | | 136 | | 136 | 136 |
| Sulfato de amônio | | | 132 | | | | 264 |
| Sulfato de potássio | | 435 | | | | 348 | |
| Sulfato de magnésio | 492 | 492 | 246 | | | | |
| Cloreto de potássio | | | | 225 | 492 | | |
| Cloreto de cálcio | | 550 | | | | | |
| Micronutrientes | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de bulbificação das plantas de alho, sintomas visuais de deficiência foram bem expressivos com omissão de N, P, K e Ca, menos expressivos com omissão de S e ausentes com omissão de Mg (Figura 1).

As plantas que não receberam N, tiveram o maior impacto no crescimento, com a menor produção de MSPA, MSB e área foliar, com redução de 54,9, 68,4 e 65,85%, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 2). Sintomas visuais iniciaram com o amarelecimento e seca de folhas velhas, progredindo para folhas novas (Figura 1).

Na ausência de Ca, as plantas apresentaram a menor MST, bem como reduzida área foliar, MSPA, MSB e MSR (redução de 44,2, 53,4, 35,6, 59,4 e 49,5%, respectivamente) em comparação ao tratamento completo. O secamento das pontas das folhas novas, avançando para quase total secamento das plantas ao término do experimento, bem como, reduzida MSR, são sintomas visuais registrados nas plantas com omissão de Ca, o que demonstra a importância do elemento no crescimento do meristema primário e a imobilidade do elemento na planta.

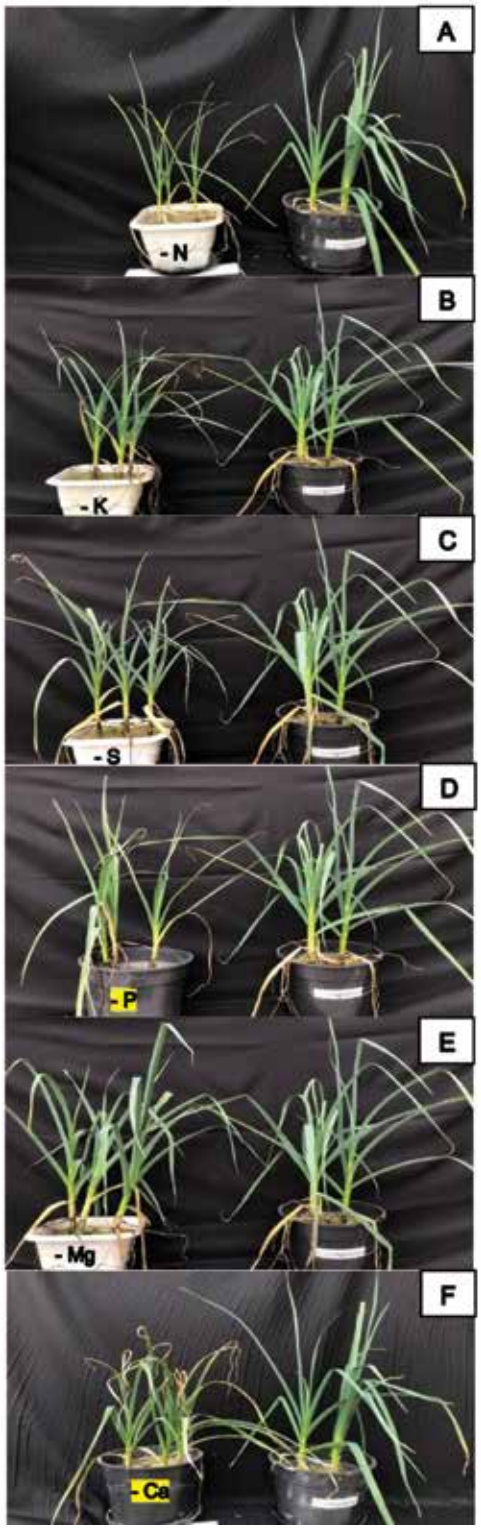
Omissão de K também impactou significativamente o crescimento das plantas, as quais

apresentaram redução de 30,6, 52,9, 49,7, 40,2 e 51% para MSPA, MSB, MSR, MST e área foliar, respectivamente, em comparação ao tratamento completo. Sintomas visuais iniciaram com clorose nos ápices e margens e avançaram para a base das folhas velhas, com secamento e senescência precoce das folhas.

Nos tratamentos em que estava ausente o S, as plantas apresentaram uma redução de 18,7%, 36,3%, 21,3% e 37,7% para MSPA, MSR, MST e área foliar respectivamente, quando comparado aos resultados apresentados pelo tratamento completo. Observa-se o amarelecimento das folhas novas, como também uma redução de crescimento aliado a clorose dessas mesmas folhas.

Com a omissão de P, notou-se que em comparação ao tratamento completo, redução de 33,2, 62,9 e 60,7% para a MSPA, MSB e área foliar, respectivamente. A considerável redução da área foliar está ligada a função que o P apresenta na planta, participando do processo fotossintético desempenhado pela mesma. A maior MSR com omissão deste elemento é reconhecida como uma adaptação de plantas para assegurar suficiente absorção de P (HORST et al. 2001).

**Figura 1.** Sintomas visuais de deficiência em plantas de alho na fase de bulbificação.




Sem N (A); sem K (B); sem S (C); sem P (D); sem Mg (E) e; sem Ca (F). Vaso com planta com omissão de nutrientes à esquerda e à direita tratamento completo.

**Tabela 2.** Massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB), das raízes (MSR) e total (MST) e área foliar de plantas de alho submetidas ao suprimento completo e ausente de macronutrientes.

| Tratamentos | MSPA | MSB | MSR | MST | Área foliar |
|---|---|---|---|---|---|
| | --------- (g planta$^{-1}$) ---------- | | | | (cm$^2$ planta$^{-1}$) |
| Completo | 8,82 a | 3,10 a | 5,51 a | 17,4 a | 118,3 a |
| - N | 3,98 b | 0,98 b | 5,51 a | 10,5 b | 40,4 c |
| - K | 6,17 b | 1,46 b | 2,77 b | 10,4 b | 58,0 c |
| - S | 7,17 b | 3,00 a | 3,51 b | 13,7 b | 80,8 b |
| - P | 5,89 b | 1,15 b | 6,06 a | 15,2 a | 46,5 c |
| - Mg | 10,6 a | 2,73 a | 5,71 a | 19,1 a | 129,9 a |
| - Ca | 5,68 b | 1,26 b | 2,78 b | 9,7 b | 54,5 c |
| CV (%) | 16,0 | 22,9 | 21,8 | 25,7 | 19,3 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P< 0,05).

A omissão de Mg não mostrou diferenças visuais e diferenças nos parâmetros avaliados em comparação ao tratamento completo. Este resultado pode ser explicado a partir das constatações de SOUZA et al. (2011), os quais realizaram a marcha de absorção de nutrientes na cultura do alho. Os autores verificaram que o Mg foi o macronutriente absorvido em menor quantidade em plantas de alho. No presente estudo, usou-se bulbilhos de massa média 6 g, os quais são os de maior massa no plantio do alho e, nesse caso, a reserva de Mg foi suficiente para atender as necessidades do elemento no período de avaliação. Na cultura do alho, o rendimento de bulbos está fortemente relacionado com o tamanho de bulbilhos-semente (MULLER et al, 1998).

Os nutrientes N, K e Ca mais afetaram a produção de MST das plantas de alho, o que está em acordo com SOUZA et al. (2011), os quais concluíram que a exigência nutricional de macronutrientes pela cultura do alho obedece a seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, P, S e Mg.

## CONCLUSÕES

Na fase de bulbificação das plantas de alho, sintomas visuais de deficiência foram bem expressivos com omissão de N, P, K e Ca, menos expressivos com omissão de S e ausentes com omissão de Mg.

O N, K e Ca são os macronutrientes que mais afetam a produção de massa seca total das plantas de alho.

## REFERÊNCIAS

Associação Nacional dos Produtores de Alho. ANAPA. Alho Brasileiro. Disponível em: <http://www.anapa.com.br/simples/?page_id=5>. Acesso em: 30 jul. 2020.

IBGE. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais. [cited 2018 Jan 12]. Available from: http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul; 2016.

Epstein E, Bloom AJ. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2ª ed. Tradução de Nunes MET Londrina: Ed. Planta, 2006.

Mueller S, Kreuz CL, Mondardo M. Produtividade, qualidade e lucro em função de espaçamentos de plantio e pesos de bulbilhos-sementes de alho. Agrop Cat. 1998;11(1):52-55.

Hahn L, Paviani AC, Feltrim AL, Wamser AF, Rozane DE, Reis AR. Nitrogen doses and nutritional diagnosis of virus free garlic. Rev Bras Cienc Solo. 2020;44:e0190067. doi: https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190067

Hoagland DR, Arnon DI. The water-culture me-

thod for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular-347, 1950.

Horst WJ, Kamh M, Jibrin JM, Chude VO. Agronomic measures for increasing P availability to crops. Plant Soil, 2001;237:211-223.

Sfredo GJ, Borkert CM. Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2004.

Souza RJ, Macêdo FS, Carvalho JG, Santos BR, Leite LVR. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. Hort Bras; 2011;29:498-503. doi: 10.1093/jxb/eri189

Wamser AF, Mueller S, Palladini LA. Estimativa da área foliar do alho usando dimensões e biomassa seca do limbo foliar. Agropec Cat, 2007;20:40-52.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Desempenho Agronômico da Cultura de Milho (*Zea mays* L.) em Função da Aplicação de Fertilizantes Organominerais

Julia Barra Netto-Ferreira[1]; Talita de Santana Matos[2]; Fernanda Palmeira Gabetto[3]; Ana Carolina Muniz de Araujo[4]; Ricardo de Castro Dias[5]; Everaldo Zonta[6]

[1]Mestre em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ; [2]Pós-Doutoranda PNPD- Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ, BR 465 Km 7, Seropédica-RJ, talitasmatos@gmail.com; [3,4]Discente de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ; [4]Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ; [6]Professor Titular, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ.

## INTRODUÇÃO

Segundo dados da ANDA (Associação Nacional para a Difusão de Adubos, 2018), O Brasil apresenta uma grande dependência externa de fertilizantes, já que se importa 88% do N, 63% do $P_2O_5$ e 97% do K2O utilizados na agricultura (ANDA, 2018).

Fravet e colaboradores (2010) mostraram que uma alternativa viável na redução dessa dependência externa de fertilizantes minerais é a utilização de fertilizantes orgânicos e organominerais. Esses fertilizantes, além de possibilitar um maior equilíbrio ecológico ao sistema, por promover um aumento da fertilidade do solo, também melhoram os seus atributos físicos, químicos e biológicos. O uso de organominerais produzidos a partir de resíduos orgânicos pode incorporar estes nutrientes ao processo produtivo, favorecendo a ciclagem de nutrientes, além de promover também a melhoria nas características físicas do solo. Além de, minimizar os impactos ambientais oriundos da utilização de fertilizantes minerais de alta solubilidade (ZONTA *et al.*, 2016).

Os fertilizantes organominerais contêm em sua composição uma fração mineral, normalmente a mais representativa no fornecimento de nutrientes, e uma fração orgânica, que também contribui com nutrientes, além de desempenhar outras funções importantes. A fração orgânica, intimamente, associada à fração mineral é submetida a reações no solo, ocorrendo a liberação de ácidos orgânicos que, por competirem com sítios de fixação de ânions, aumenta a capacidade de troca catiônica da matéria orgânica. Esses ácidos orgânicos também blindam as reações de fixação de fósforo, uma vez que podem ser responsáveis pelo recobrimento da superfície das argilas (LEAL *et al.*, 2013).

Deste modo, este estudo tem a finalidade de avaliar a eficiência agronômica de um fertilizante organomineral (FOM) composto por resíduos orgânicos estabilizados (biossólidos) oriundos de estação de tratamento de esgoto, enriquecidos com fósforo e potássio, identificando a melhor proporção de nutrientes a ser adotada para o cultivo em sistemas mais conservacionistas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do departamento de solos da UFRRJ, utilizando como unidades experimentais potes com capacidade para 10 L preenchido com terra coletada de um Planossolo Háplico (tabela 1), onde foi cultivado milho.

Os tratamentos consistiram na aplicação de fertilizantes organominerais (FOM) (Biosólido + Fosfato Natural + Sufato de potássio) na dose de 80 $kgNha^{-1}$ aplicados abaixo e ao lado da linha de semeadura (tabela 2). Quando o tratamento não tinha fonte de nitrogênio, este foi calculado em comparação com a menor dose do nutriente fornecida pelo fertilizante organomineral.

Tabela 1 – Característica (atributos químicos) do Planossol o Háplico utilizado no experimen to de incubação.

| Atributos Químicos | Valores |
|---|---|
| pH em água (1:2,5) | 4,7 |
| C | 2,2 g $kg^{-1}$ |
| Saturação por bases | 72% |
| Matéria orgânica | 0,4 g $kg^{-1}$ |
| P | 3,5 mg $L^{-1}$ |
| $K^{+}$ | 15,5 $mgl^{-1}$ |
| H+Al | 2,0 $cmol_c\ dm^{-3}$ |
| $Al^{+3}$ | 0,4 $cmol_c\ dm^{-3}$ |
| $Ca^{+2}$ | 0,4 $cmol_c\ dm^{-3}$ |
| $Mg^{+2}$ | 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ |
| $Na^{+}$ | 0,15 $cmol_c\ dm^{-3}$ |

| Tratamento/Composição | N:P:K |
|---|---|
| Controle | 0-0-0 |
| 1 | 1-0-0 |
| 2 | 0-1-0 |
| 3 | 0-0-1 |
| 4 | 1-2-0 |
| 5 | 1-4-0 |
| 6 | 1-0-2 |
| 7 | 1-2-2 |
| 8 | 1-4-2 |

Tabela 2. Proporções das fontes orgânicas e minerais na composição de cada tratamento.

A manutenção da umidade do solo foi feita mediante pesagem de 10% dos potes amostrados aleatoriamente, mantendo umidade próxima a 70% da capacidade de campo. Foram mantidas 2 plantas por unidade experimental.

Ao final do período de 60 dias, as plantas foram coletadas e seccionadas em raiz e parte aérea. As análises fisiológicas referentes à parte aérea avaliadas foram: altura das plantas, diâmetro do colmo, massa seca. A altura da planta foi determinada na altura da bainha da primeira folha completamente expandida. O diâmetro foi medido com paquímetro digital na altura mediana do colmo.

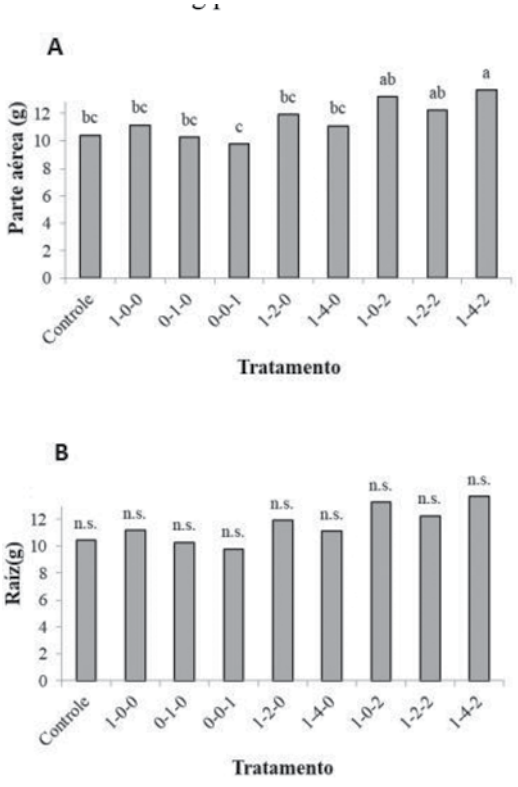
O delineamento foi em em blocos ao acaso, com 8 tratamentos mais controle, conforme estabelecido na Tabela 2, com 4 repetições (blocos), totalizando 36 unidades experimentais.

Os resultados obtidos foram analisados quanto à sua normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e, quando os dados não atenderam aos requisitos, foram transformados por Box-Cox utilizando o *software* PAST. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey, utilizando o *software* SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os dados avaliados para os parâmetros de massa seca (parte aérea e raiz), diâmetro e altura. O FOM que apresentou maior massa seca de parte aérea foi o 1-4-2 (6,9 g $planta^{-1}$), que não diferiu estatisticamente dos tratamentos 1-2-2 e 1-0-2 (6,1 e 6,6 g $planta^{-1}$, respectivamente). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato desses fertilizantes fornecerem os nutrientes mais exigidos pela cultura do milho, na fase inicial, de acordo com o que preconiza a lei de Liebeg (lei do mínimo). Os valores para massa seca encontrados (média de 5 g $planta^{-1}$) são superiores aos encontrados por Fernandes e colaboradores (2012) ao avaliar doses de diferentes tipos de esterco em siste-

ma agroecológico, sem fonte sintética de N, sob condições semelhantes às deste trabalho. Esses valores também são próximos aos encontrados por Guareschi e colaboradores (2013), que obtiveram um teor médio de massa seca em torno de 7,5 g planta$^{-1}$ aos 30 DAS. Nesse caso, os autores compararam diferentes doses de esterco bovino na adubação de milho, porém, segundo a metodologia descrita, na adubação também foram adicionadas fontes sintéticas de NPK. Os resultados obtidos no presente trabalho, por sua vez, diferem dos resultados obtidos por Dias (2017) e Ferrari (2017) que, em experimentos com milho e testando fertilizantes minerais com alta solubilidade, encontraram, em média, um teor de massa seca de 100 g planta$^{-1}$.



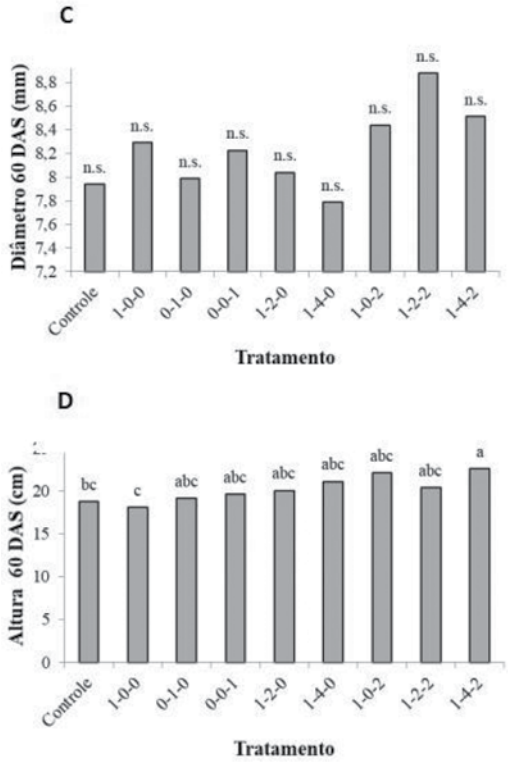




Figura 1 – Parâmetros vegetativos da cultura indicadora (milho – Zea mays). A) Massa seca da parte aérea, B) Massa seca da raiz, C) Diâmetro 60 dias após a semeadura (coleta), D) Altura 60 dias após a semeadura (coleta). Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey, $P < 0,05$. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas para os parâmetros massa seca de raiz e diâmetro de colmo (figura 1: B e C). Tendo as maiores médias apresentadas para os FOMs 1-4-2, 1-2-2 e 1-0-2. Para altura de plantas o FOM 1-4-2 apresentou as maiores médias, entretanto, só diferiu estatisticamente do tratamento controle e FOM 1-0-0.

## CONCLUSÕES

A produção de massa em todos os tratamentos seca foi muito baixa comparado a produção ótima do milho.

O FOMs que continham sulfato de potássio (1-4-2, 1-2-2, 1-0-2) apresentaram as maiores médias.

O FOM 1-4-2 apresentou-se como a melhor proporção a ser adotada para o cultivo em sistemas orgânicos, dentre as avaliadas nestes estudos.

**AGRADECIMENTOS:** A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por todo suporte técnicocientífico, à CAPES e à FAPERJ pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ANDA (Agência Nacional de Águas), 2018. Setor de Fertilizantes, Anuário Estatístico: balanço de fertilizantes em nutrientes. São Paulo, SP: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2018.

DE CASTRO, S.S.; HERNANI, L.C. Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade. Embrapa Solos - Livro Técnico (INFOTECA-E), 2015.

DIAS, R.C. Avaliação de Fertilizantes Granulados a Base de Cloreto de Potássio e Ácidos Húmicos no Desenvolvimento Vegetativo da Cultura do Milho (*Zea mays* L.). Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, 2017.

DONAGEMMA, G.K.; FREITAS, P.L.D.; BALIEIRO, F.D.; FONTANA, A.; SPERA, S.T.; LUMBRERAS, J.F.; ...; MACEDO, M.C.M. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1003 - 1020, 2016.

FERNANDES, A.L.M.; DE OLIVEIRA, M.K.T.; DA SILVA, E.F.; LEITÃO, A.R.F. Desenvolvimento inicial do milho em função de diferentes teores de esterco bovino. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, n. 1, p. 15 - 18, 2012.

FRAVET, P.R.F.; SOARES, R.A.B.; LANA, R.M.Q.; LANA, Â.M.Q.; KORNDÖRFER, G.H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. Ciência Agrotecnológica, v. 34, n. 3, p. 618 - 624, 2010.

GUARESCHI, R.F.; SILVA, A.; DA SILVA JUNIOR, H.R.; PERIN, A.; GAZOLLA, P.R. Adubação orgânica na produção de biomassa de milho em latossolo de cerrado. Global Science and Technology, v. 6, n. 2, 2013.

LEAL, M.A.A.; BALIEIRO, F.C.; INÁCIO, C.T.; CAMPOS, D.V.B.; GUERRA, J.G.M.; ZONTA, E.; FREIRE, L.R. Uso e manejo da matéria orgânica para fins de fertilidade do solo. *In*: Manual de calagem e adubação para o estado do Rio de Janeiro. Editor técnico, Luiz Rodriguez Freire ... [et al.]. Seropédica, RJ. Editora Universidade Rural, 2013.

SILVA, C.A.; MACHADO, P.L.O.A. Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publicacao/336828/sequestro-eemissao-de-carbono-em-ecossistemas-agricolasestrategias-para-o-aumento-dos-estoques-demateria-organica-em-solos-tropicais. Acessado em 06/04/2020.

ZONTA, E.; PRATES, F.S.P.; FREITAS, F.C; GENUNCIO, D.C.; PRESOTTO, R.A.; STAFFANATO, J.B. Uso de tortas de oleaginosas na agricultura. *In*: Moura Brasil, N. do A. S.; CHAGAS, C.I.; Zonta, E. (Org.) Impactos Ambientais Provenientes da Produção Agrícola: Experiências Argentinas e Brasileiras. 1ª edição Rio de Janeiro: FAPERJ, v. 1, p. 561 - 588, 2016.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Desenvolvimento inicial de plantas de lúpulo sob diferentes doses de potássio

Kayn Eduardo de Souza Bastiani[1]; Jessé Rodrigo Fink[2]; Gustavo Frosi[3]

[1]Estudante, Instituto Federal do Paraná (Campus Palmas), Rua Professor Vergílio Ferreira, 637, Palmas-PR, 85555-000, kayneduardo@gmail.com; [2]Professor; Instituto Federal do Paraná (Campus Palmas); [3]Mestrando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta perene, trepadeira, oriunda de regiões temperadas da América do Norte e Ásia. Usado principalmente na produção de cerveja, o lúpulo age como conservante natural. Além disso, dá à cerveja aroma e sabor (OLIVEIRA, 2016); (SOUSA, 2005); (MARCOS *et al*, 2011); (PERAGINE, 2011).

Segundo Radtke *et al*, (1999), o lúpulo exige temperaturas médias iguais ou menores que 19,5 °C, além do somatório de excesso hídrico igual ou menor que 100 mm. Locais entre as latitudes 35° e 55° nos hemisférios Sul e Norte são os mais adequados para o cultivo do lúpulo (OLIVEIRA, 2019). Contudo, locais com climas semelhantes com os dessas latitudes também podem ser utilizados para o cultivo, como a região de Palmas-PR.

O Brasil não possui muitas plantações de lúpulo, devido aos poucos locais favoráveis ao seu cultivo. Grande parte desse insumo é importado (RODRIGUES *et al*, 2015). Dessa maneira, o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao cultivo, desenvolvimento e a produtividade desta cultura estimularia o seu cultivo e diminuiria a necessidade de importação.

Um dos principais pontos relacionados ao desenvolvimento e produtividade da cultura está atrelada à fertilidade do solo. O potássio, por exemplo, exerce diversas funções na planta e apresenta significância para o crescimento e desenvolvimento das plantas (MASCARENHAS, 1981).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de lúpulo em um solo com diferentes doses de potássio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Palmas, Paraná, sob influência do clima Cfb (classificação de Köppen), no qual as temperaturas máximas e mínimas anuais variam, respectivamente, entre 23°C e 13°C, e a precipitação pluviométrica está em torno de 2250mm (IAPAR, 2019). A altitude média do município é de 1200m.

O solo utilizado no experimento foi coletado da camada superficial de um Latossolo sob campo nativo. Os teores disponíveis de K e P eram 0,79 $cmol_c\ kg^{-1}$ e 2,55 $mg\ kg^{-1}$, respectivamente. Além disso, os valores de pH e do índice SMP foram de 5,5 e 4,95, nessa ordem. O solo recebeu a adubação recomendada de P e calcário (CQFS-RS/SC, 2004). Esse solo foi misturado com areia

(1:1), buscando uma maior aeração no solo para o melhor desenvolvimento das mudas de lúpulo. Posteriormente, o solo foi transferido para vasos de 3L. Os vasos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cinco níveis de adubação potássica foram testados: 0, 50, 125, 200 e 300 kg $K_2O$ $ha^{-1}$..

A produção das mudas de lúpulo se deu por meio da retirada de rizomas de plantas de lúpulo já cultivadas. Os rizomas foram acomodados em um recipiente com areia até o desenvolvimento de raízes. Quando as plântulas tinham, em média, 3 cm, foram transplantadas nos vasos. As plantas se desenvolveram por 37 dias, até serem colhidas. Neste momento, determinou-se a altura das plantas. Após, a massa vegetal foi seca e os teores de teores de P, K e Na na parte aérea e na raiz foram determinados. Ainda, coletou-se amostras de solos, nas quais verificou-se a disponibilidade P, K e Na, além dos valores de pH e índice SMP (Tedesco, *et al.*, 1995).

Os resultados foram submetidos a análise de variância no programa estatístico Statistix 10 (ANOVA) e, conforme a significância ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas por meio da análise de regressão linear.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de diferentes doses de fertilizante potássico não alterou os valores de pH e SMP e teores de Na e P no solo ($p > 0,05$; Tabela 1). A aplicação de K, na forma de KCl, não gera a liberação de íons $H^+$ ou de $OH^-$ e, portanto, não influencia no pH do solo. Catani *et al* (1954) também observaram que a aplicação de K, através do cloreto de potássio, apresentou pouca ou nenhuma influência no pH do solo. Da mesma forma, os teores de Na e P no solo não apresentaram diferença significativa, pois, todas as unidades experimentais receberam a mesma dose de fertilizante e não houve interação com a adubação de $K_2O$.

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo que recebeu diferentes doses de $K_2O$ para o cultivo do lúpulo.

| Doses $K_2O$ | pH | SMP | Sódio | Fósforo |
|---|---|---|---|---|
| Kg $ha^{-1}$ | | | ------mg $kg^{-1}$------ | |
| 0 | 6,2±0,1 | 6,4±0,1 | 17,6±0,1 | 8,4±1,5 |
| 50 | 6,4±0,1 | 6,5±0,1 | 22,2±1,3 | 4,7±1,1 |
| 125 | 6,7±0,1 | 6,6±0,1 | 21,2±0,7 | 4,7±0,9 |
| 200 | 6,5±0,1 | 6,5±0,1 | 21,6±3,5 | 8,3±0,3 |
| 300 | 6,3±0,1 | 6,5±0,1 | 24,6±1,2 | 10,1±2,2 |
| Média | 6,4±0,1 | 6,5±0,1 | 21,4±1,3 | 7,2±1,2 |
| Valor *p* | 0,0955 | 0,2546 | 0,0557 | 0,1350 |

Os teores de K no solo aumentaram, de acordo com o aumento das doses de $K_2O$ (Figura 1). Este fato era esperado, pois quanto maior a dose aplicada, maior é a liberação de K para a solução do solo, aumentando sua disponibilidade.

As concentrações de macronutrientes na parte aérea das plantas de lúpulo não apresentaram influência das doses de $K_2O$ aplicadas ($p > 0,05$; Tabela 2). Possivelmente, esta observação está atrelada ao fato da avalição se restringir ao início do desenvolvimento da cultura, fase onde a absorção de K pela planta ocorre de maneira mais lenta, assim como Coelho, *et al.* (1967) observaram em um experimento com absorção de nutrientes por plantas de amendoim.

Os teores de K na massa seca das raízes apresentaram crescimento linear em função das doses de $K_2O$ aplicadas ($p \leq 0,05$; Tabela 2; Figura 1). Possivelmente, isso se dá porque, devido a planta estar em seu desenvolvimento inicial, não apresentou uma taxa de translocação alta, assim, grande parte do K absorvido permaneceu concentrado nas raízes. Esses dados estão de acordo com os resultados obtidos por Rassini, *et al.* (1998). Estes autores observaram um aumento da concentração de K nas raízes de alfafa em função de doses de K.

Marcos *et al* (2011) descrevem que o lúpulo é uma planta muito exigente em fertilidade e recomenda-se a elevação dos teores de K à um nível alto, com a aplicação de cerca 300 kg ha-1 de $K_2O$. Os resultados do presente trabalho estão

alinhados com isso, visto que a dose de 300 kg $ha^{-1}$ foi a que permitiu a maior absorção de K pela planta.

Tabela 2. Teor de nutrientes absorvidos e armazenados na parte aérea e raízes de lúpulo.

| Dose | Potássio | Sódio | Fósforo |
|---|---|---|---|
| Kg $ha^{-1}$ | ---------- | g $kg^{-1}$ | ---------- |
| | Parte aérea | | |
| 0 | 9,8±3,3 | 2,2±0,4 | 1,9±0,2 |
| 50 | 14,2±1,7 | 2,8±0,1 | 1,9±0,3 |
| 125 | 15,4±2,5 | 2,9±0,1 | 2,1±0,1 |
| 200 | 16,8±1,5 | 2,9±0,0 | 1,7±0,0 |
| 300 | 16,1±1,5 | 2,9±0,1 | 2,0±0,3 |
| Média | 14,5±2,1 | 2,7±0,2 | 1,9±0,2 |
| Valor *p* | 0,2709 | 0,2748 | 0,9178 |
| | Raízes | | |
| 0 | 5,9±0,6 | 2,0±0,0 | 2,1±0,2 |
| 50 | 8,5±0,6 | 2,7±0,7 | 2,2±0,2 |
| 125 | 6,8±3,2 | 1,7±0,2 | 1,6±0,6 |
| 200 | 9,0±0,9 | 2,2±0,1 | 2,0±0,1 |
| 300 | 10,5±0,5 | 2,4±0,1 | 2,1±0,2 |
| Média | 8,1±1,2 | 2,2±0,2 | 2,0±0,2 |
| Valor p | **0,0500** | 0,5599 | 0,6634 |

Contudo, trabalhos futuros devem ser conduzidos até o final do ciclo da cultura para avaliar a produção de flores e teor de K absorvido ao logo da fase reprodutiva. Normalmente, plantas na fase adulta podem requerer maiores concentrações de K na solução do solo. Isso permitiria avaliar a exigência e a translocação de K ao longo do ciclo da cultura.

## CONCLUSÕES

O aumento da dosagem de $K_2O$ aumenta os teores de K no solo, permitindo que a planta de lúpulo absorva e acumule maior quantidade de K nas raízes. Isso pode auxiliar no desenvolvimento da planta. Todavia, na fase inicial de desenvolvimento do lúpulo, aparentemente, há pouca translocação de K para a parte aérea da planta.

## REFERÊNCIAS


Catani, R. A. *et al.* Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. Bragantia, Campinas, ano 1959, v. 13, n. 6, 1 abr. 1954. Boletim técnico da divisão de experimentação e pesquisa, p. 75-83.

COELHO, Fernando A. Soares; TELLA, Romeu de. Absorção de nutrientes por plantas de amendoim na cultura de outono. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. unico, p. 235-252, Jan. 1967. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051967000100018&lng=en&nrm=iso>. Accesso em 22 de setembro de 2020.

CQFS-RS/SC - Comissão de química e fertilidade do solo - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande Do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: SBCS: NRS: UFRGS, 2004. 400 p.

IAPAR, Instituto agronômico do Paraná. 2019. Disponível em: <www.iapar.br>.

Marcos, José Antonio Magadán *et al.* Guia del cultivo del lúpulo. 2011.

Mascarenhas, H. A. A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico do cerrado. Revista Científica do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 1981. Vol 40, art nº 12.

Microquímica. Nutrição de plantas: potássio nas plantas. Disponível em: <www.microquimica.com/site/nutricaoplantas/8/potasspo>.

Neto, Sebastião Pires de Moraes. Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo. Revista Cultivar, 2018.

Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/acidez-alcalinidade-e-efeitos-da-calagem-no-solo>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Oliveira, M. V. Crescimento do lúpulo influenciado por calagem e fornecimento de fósforo. Lages, 2016.

Oliveira, M. V. *et al.* Crescimento do lúpulo influenciado por diferentes níveis de acidez. 2019.

Peragine, J. Growing your own hops, mats, and brewing herbs. Ocala: Atlantic, 2011.

Radtke, M. V. *et al.* Zoneamento agroecológico e socioeconômico de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 1999.

Rassini, Joaquim Bartolomeu, *et al.* Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa l.*) sob diferentes doses de adubação potássica. r. bras. Zootec.,Ano: 1998, v. 27, n. 3, p. 487-490.

Rodrigues, M. A. *et al.* Jornada e lúpulo e cerveja: Novas oportunidades de negócio. Livro de atas. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2015.

Sousa, M. J. A. C. Obtenção de plantas de Humulus lupulus L. resistentes a vírus. Tese de doutorado em biotecnologia vegetal. Universidade de Lisboa. Lisboa. 2005.

Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, fa, ds, 1995. 174 p.

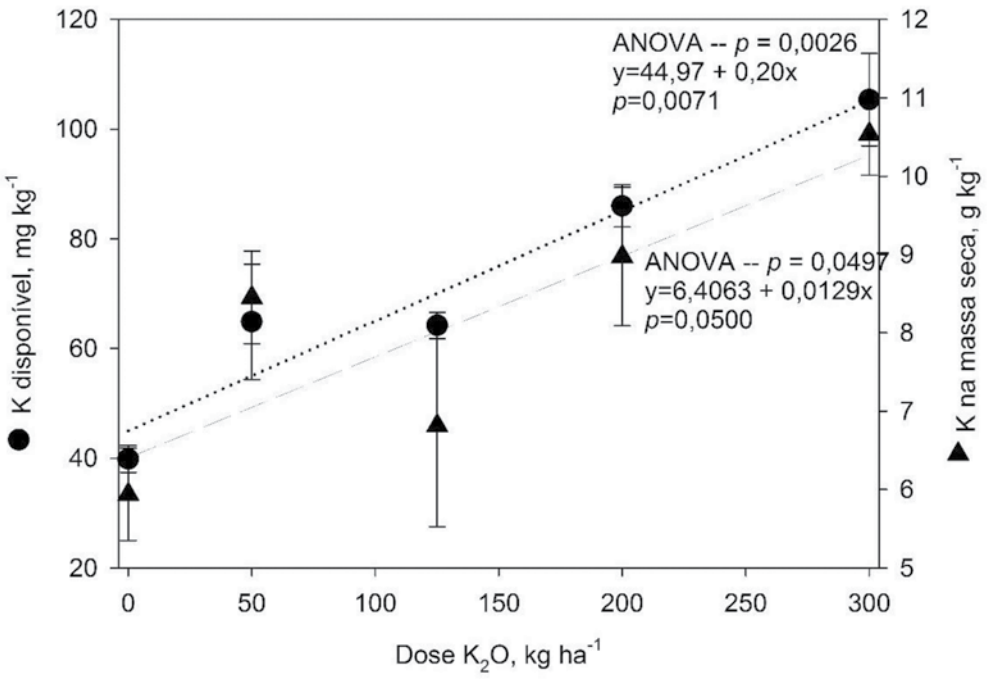



**Figura 1**. Teor de K disponível no solo e teor K na massa seca da raiz das plantas de lúpulo em função das doses de fertilizantes aplicadas.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Disponibilidade de fósforo e potássio do solo em áreas arrozeiras após dois anos da adoção de integração com bovinocultura de corte

Luciano Pinzon Brauwers[1]; Adriano Vilmar Garcia[2]; Thamires Rodrigues de Sá Valle[2]; Stefano Medeiros[3]; Rodrigo Hammacher[4]; Felipe de Campos Carmona[5]; Amanda Posselt Martins[6]

[1]Graduando em Agronomia e Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, bairro Agronomia - Porto Alegre/RS, E-mail: lucianopinzon@hotmail.com.; [2]Doutorando(a) em Ciência do Solo, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo - UFRGS; [3]Estudante de Agronomia, ULBRA; [4]Engenheiro Agrônomo e Colaborador no Centro Tecnológico Integrar/Agrinova; [5]Doutor em Ciência do Solo, Integrar - Gestão e Inovação Agropecuária, Capivari do Sul/RS; (6)Doutora em Ciência do Solo, Professora do Departamento de Solos da UFRGS

## INTRODUÇÃO

O sistema de produção de arroz (*Oryza sativa*) irrigado no Rio Grande do Sul (RS) é tradicionalmente realizado com revolvimento anual do solo, em uma área de aproximadamente 940.000 hectares. Conforme dados da safra 2019/2020, apenas 5,3% da área com cultivo de arroz irrigado no RS está em semeadura direta com ausência de revolvimento anual do solo (IRGA, 2020). O revolvimento anual do solo juntamente com o monocultivo de arroz leva à degradação do solo como meio de cultivo, diminuindo o seu potencial de ser fonte de nutrientes para as plantas.

O modelo tradicional de produção de arroz irrigado do RS pode fazer com que muitos nutrientes sejam perdidos através da drenagem da água de irrigação ou lixiviados devido ao revolvimento do solo e ao também comum período hibernal sem cultivo (pousio). Além disso, o preparo do solo também causa a desestruturação física do solo e, consequentemente, maior decomposição da matéria orgânica do solo (EL-SHAHWAY et al., 2016).

Sistemas conservacionistas de manejo do solo são alternativas para áreas arrozeiras que adotam atualmente o tradicional monocultivo de arroz irrigado com revolvimento do solo. Esses sistemas, quando em integração com a bovinocultura de corte em semeadura direta, tem benefícios para a fertilidade do solo (CARMONA et al., 2018). Porém, estudos que investiguem como a adoção desses sistemas interfere sobre a dinâmica de nutrientes do solo em terras baixas ainda são escassos.

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), também conhecidos como integração lavoura-pecuária (ILP), são embasados no conceito de manejo conservacionista de manejo do solo, porém com a inserção do animal em pastejo. O cultivo de forrageiras em pastejo possibilita alto aporte de biomassa, ciclagem de nutrientes e retorno econômico quando manejadas em adequadas alturas de manejo da pastagem e adubação (VENDRAMINI et al., 2007). Contudo, o adequado manejo da adubação da pastagem em terras baixas pode beneficiar não

só a cultura a ser adubada, mas a cultura em sequência.

Neste trabalho, se objetivou avaliar a adoção da semeadura direta com manejo da adubação e do manejo da pastagem acarreta aumento da disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) no solo após dois anos em diferentes sistemas de produção em terras baixas..

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento iniciou em 2018 e foi realizado no Centro Tecnológico Integrar/Agrinova, em Capivari do Sul/RS, em área anteriormente cultivada com arroz com preparo de solo O solo da área é classificado como Planossolo (STRECK et al., 2008) e possui 13% de argila na camada 0-20 cm.

Os sistemas de manejo testados foram: S1 - Monocultivo de arroz irrigado em semeadura direta com pousio no inverno; S2 - Integração lavoura-pecuária (ILP) com mal manejo da pastagem; S3 - ILP com bom manejo da pastagem; S4 - Pastoril com mal manejo da pastagem; S5 - Pastoril com bom manejo da pastagem. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições.

Em relação ao manejo estival, o S1 é representado pelo monocultivo anual de arroz irrigado. Nos sistemas S2 e S3, houve o cultivo de soja (*Glycene max*) na primeira safra (2018/2019) e de arroz irrigado na segunda safra (2019/2020) cultivadas em sucessão com azevém (*Lolium multiflorum*) para pastejo como cultura hibernal. Os sistemas S4 e S5 apresentam campo nativo de sucessão (vegetação espontânea) característico da Planície Costeira Externa do RS no verão e consórcio de azevém e trevo branco (*Trifolium repens*) no inverno.

O mal manejo da pastagem é caracterizado pelo manejo do pasto na altura de 10 cm, adubação nitrogenada de 25 kg de N/ha e sem adubação de fósforo e potássio. O bom manejo da pastagem é caracterizado pelo manejo do pasto na altura de 15-20 cm e adubação de 150 kg de N/ha, 90 kg de P2O5/ha e 120 kg de K2O/ha, conforme CQFS-RS/SC (2016). As lavouras de soja e arroz irrigado foram adubadas com 90 kg de P2O5/ha e 120 kg de K2O/ha, com adubação nitrogenada no arroz irrigado na dose de 150 kg de N/ha, conforme CQFS-RS/SC (2016). Os animais utilizados foram bovinos machos e castrados, resultado de cruzamento de raças europeias com raças zebuínas, de peso médio inicial de 200 kg de peso vivo.

As coletas de solo foram realizadas em abril de 2018 e abril de 2020, no início e dois anos após o início do experimento, respectivamente. Foram coletadas 285 amostras de solo georreferenciadas na camada de 0-10 cm. Compondo 32 amostras na média para cada sistema. As análises realizadas foram para determinar os teores de P e K disponíveis no solo, pelo extrator Mehlich-1 (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados obtidos foram ajustados em um modelo de predição que atendeu aos testes de homogeneidade (*Barlett*) e de normalidade (*Shapiro-Wilk*) com critério de $p \geq 0,05$. Posteriormente, os resultados, foram submetidos à análise de variância e ao ajuste em um modelo misto de predição. Atendendo ao modelo, valores com duas vezes o desvio padrão foram considerados *outliers* e removidos da base de dados. As interações e resultados foram submetidos ao teste Tukey ao nível de significância de 95%. Todos os gráficos apresentados foram demostrados com as letras significativas ao critério selecionado com o HSD do pacote *agricolae* e *emmeans*. Os testes apresentados foram realizados com o programa *R-statistical*® e os gráficos com o programa Microsoft *Excel*®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P disponível (Figura 1) da camada 0-10 cm do solo diferiram entre os sistemas de produção no início do experimento, apresentando a mesma conformação em 2020. Isto pode ser atribuído ao fato de o P ser pouco móvel no solo, e a variabilidade natural de distribuição permaneceu dentro dos sistemas analisados.

Avaliando os anos de amostragem, os valores de 2020 foram superiores aos de 2018 para os sistemas com inserção do animal em pastejo. O sistema com monocultivo de arroz em semeadura direta não diferiu entre os anos de avaliação. Como o solo do experimento tem baixo teor de argila, ou seja, o P tem baixa adsorção com minerais da fase sólida, este se torna mais disponível na solução do solo. Assim, os sistemas S2, S3, S4 e S5, com inserção do animal em pastejo, devido ao seu maior período com cobertura vegetal, faz com que este P não seja facilmente perdido, podendo ser reciclado pelo animal em pastejo.

A variabilidade espacial do P disponível no solo (Tabela 1) diminuiu para o S1, sistema com monocultivo de arroz em semeadura direta. Porém, o teor médio aumentou, passando de 25,2 em 2018, para 31,7 mg P $dm^{-1}$ em 2020 Comparando os sistemas com mal manejo da pastagem (S2 e S4) com os sistemas com bom manejo da pastagem (S3 e S5), verificou-se que os sistemas com bom manejo da pastagem apresentaram diminuição da variabilidade espacial de P no solo em comparação ao mal manejo em curto prazo. Isto pode ser associado à adubação ser um fator de homogeneidade no sistema nos sistemas com bom manejo da pastagem.

Os sistemas avaliados tiveram mudanças na classe de interpretação de fertilidade do solo, conforme o Grupo 2 (grãos e pastagens) de interpretação de P disponível no solo da CQFS-RS/SC (2016). Os sistemas S1, S2, S3 e S5 passaram da classe de interpretação Média em 2018 para a Alta em 2020, permanecendo o S4 na classe Média (Tabela 1).

Nos sistemas S2 e S4, os sistemas com inserção de pastejo animal e que não receberam adubação no período hibernal (S2 somente na cultura principal), apresentaram aumentos de 61 e 51% no teor de P disponível no solo após dois anos, sendo que o S1 aumentou 26%. O aumento do S2 e do S4 pode ser explicado pela ciclagem de nutrientes proporcionada pela pastagem e animais em pastejo (VENDRAMINI et al., 2007).

Em relação ao K, os diferentes sistemas de produção não afetaram a sua disponibilidade no solo após dois anos (Figura 2). Apesar de não haver diferença, grande parte do K nos sistemas com inserção do animal pode estar contido na matéria seca da pastagem hibernal no momento de coleta, visto que estas gramíneas tem considerável extração de K. Houve diferença entre os anos de avaliação, sendo que os teores de K disponível no solo aumentaram, de 2018 para 2020, para todos os sistemas.

Os sistemas avaliados passaram da classe Média para a classe Alta de interpretação de disponibilidade de fertilidade do solo, conforme grupo 2 (grãos e pastagens) de interpretação de disponibilidade de fósforo da CQFS-RS/SC (2016).

**Tabela 1.** Interpretação da classe de fertilidade do solo, para fósforo e potássio no solo para culturas do Grupo 2, de distintos sistemas de produção e frequência de inserção do animal em pastejo em terras baixas, conforme CQFS-RS/SC (2016).

| | Fósforo | | Potássio | |
|---|---|---|---|---|
| | 2018 | 2020 | 2018 | 2020 |
| S1 | Média | Alta | Média | Alta |
| S2 | Média | Alta | Média | Alta |
| S3 | Média | Alta | Média | Alta |
| S4 | Baixa | Média | Média | Alta |
| S5 | Baixa | Alta | Média | Alta |

S1 - Monocultivo em semeadura direta; S2 - ILP, mal manejo da pastagem; S3 - ILP, bom manejo da pastagem; S4 - Pastoril, mal manejo da pastagem; S5 - Pastoril, bom manejo da pastagem.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de produção em semeadura direta em terras baixas tiveram aumento dos teores de P e K no solo após dois anos. A adoção destes sistemas possibilitou a passassem destes para a classe Alta de intepretação de fertilidade do solo para K para todos os sistemas avaliados. O mesmo ocorreu para P, com exceção do sistema S4.

## REFERÊNCIAS

CARMONA, F., DENARDIN, L., MARTINS, A., ANGHINONI, I., & CARVALHO, P. (2018). Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas: a integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arrozeira. Editora RJR: Porto Alegre.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina; SBCS-NRS: Brasil, 11ª ed. Santa Maria. 376p. 2016.

EL–SHAHWAY, A. S., MAHMOUD, M. M. A., UDEIGWE, T. K. Alterations in soil chemical properties induced by continuous rice cultivation: a study on the arid Nile delta soils of Egypt. Land Degradation & Development, v. 27, n. 2, p. 231-238, 2016.

IRGA. Boletim de resultados da lavoura - safra 2019/2020. [2020]. Disponível em: http://www.irga.rs.gov.br. Acesso em 24 ago. 2020.

STRECK, E. V., et al. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2008.

VENDRAMINI, J. M. B., et al. Environmental impacts and nutrient recycling on pastures grazed by cattle. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, p.139-149, 2007.

TEDESCO, M. J., Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Figura 1. Teor médio e variabilidade do fósforo (P) disponível (Mehlich-1) na camada de 0-10 cm de um Planossolo Háplico, imediatamente após e após dois anos da adoção de diferentes sistemas de produção. Letras maiúsculas diferenciam sistemas de produção e letras minúsculas diferenciam os anos de amostragem de solo (teste de Tukey, $p<0,05$).

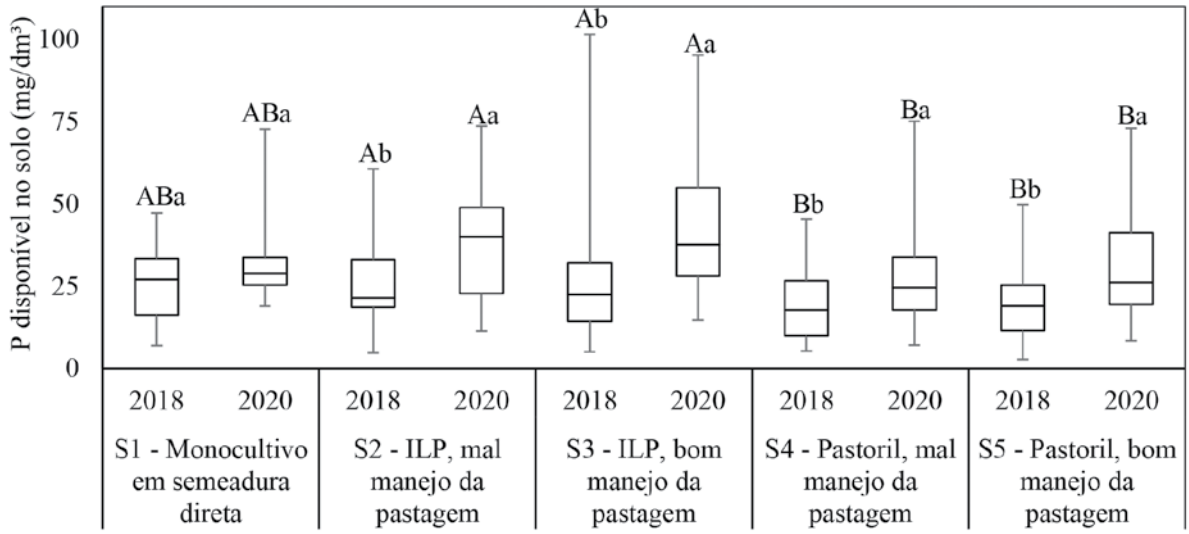
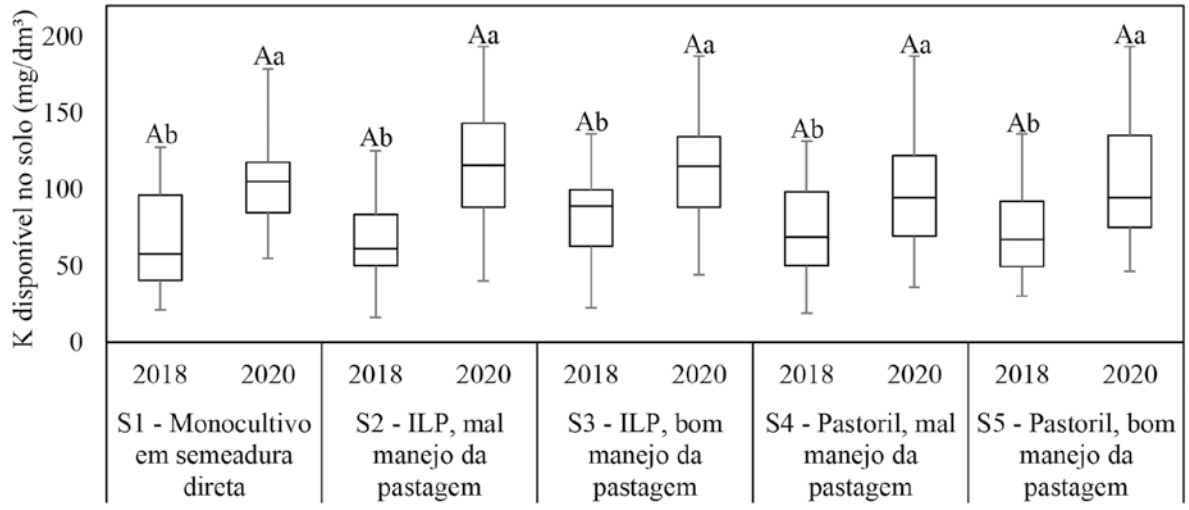



Figura 2. Teor médio e variabilidade do potássio (K) disponível (Mehlich-1) na camada de 0-10 cm de um Planossolo Háplico, imediatamente após e após dois anos da adoção de diferentes sistemas de produção. Letras maiúsculas diferenciam sistemas de produção e letras minúsculas diferenciam os anos de amostragem de solo (teste de Tukey, $p<0,05$).



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Disponibilidade de nitrogênio na solução do solo é influenciada pelo cultivo hibernal e tem relação direta com a produtividade do arroz irrigado

Adriano Vilmar Garcia[1]; Jerusa Mesquita Bastos[2]; Luciano Pinzon Brauwers[2]; Stéfano Medeiros[3]; Rodrigo Hammacher[4]; Felipe de Campos Carmona[5]; Amanda Posselt Martins[6]

[1]Estudante de doutorado, Interdisciplinary Research Group on Environmental Biogeochemistry (IRGEB), PPG em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil, adrivilmar@gmail.com; [2]Estudante de Agronomia, Bolsista de iniciação científica, IRGEB, Departamento de Solos da UFRGS; [3]Estudante de Agronomia ULBRA; [4]Agrônomo ULBRA e Colaborador no Centro Tecnológico Integrar/Agrinova; (5)Pesquisador no Centro Tecnológico Integrar/Agrinova (6)Professora, IRGEB, Departamento de Solos da UFRGS.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) constitui mais de 20% das exigências calóricas diárias de 3,5 bilhões de pessoas no mundo (GRiSP, 2013). O Brasil é o décimo maior produtor de arroz do mundo (USDA, 2019) chegando a exportar seu excedente para países do Mercosul (SOSBAI, 2018). O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é responsável por 75% da produção brasileira de arroz (CONAB, 2018). No entanto, a área cultivada de arroz vem diminuindo gradualmente no RS (SOSBAI, 2018), reflexo da sazonalidade de preços de venda do arroz, estagnação da produtividade média e aumento dos custos de produção (IRGA, 2019). Uma das estratégias para diminuir a problemática da lavoura orizícola do RS, principalmente na questão de custo de produção e ao aumento da produtividade média, é a adoção do manejo conservacionista do solo, como a semeadura direita (SD) e o cultivo de plantas hibernais de cobertura.

A área de arroz com SD no RS aumentou na última safra (2019/2020), chegando a 5,3% da área total cultivada com arroz (IRGA, 2020). A mudança do cultivo convencional com preparo do solo para a SD causa alterações em diferentes atributos químicos, físicos e biológicos do solo, comumente de maneira positiva (CARMONA et al., 2001). O'Connel et al. (2015) observaram que a SD, aliada ao cultivo de plantas leguminosas na entre safra, proporciona maior disponibilidade de nitrogênio (N) no solo durante o ciclo da cultura em sucessão. No entanto, poucos estudos em ambiente subtropical testam a SD e a cobertura hibernal leguminosa no cultivo de arroz irrigado.

O cultivo das leguminosas hibernais também é importante para a cobertura e a proteção do solo no inverno, diminuindo processos de degradação física do solo, efeito inerente do aumento de sua estruturação (HILL et al., 2016). A fixação biológica de N, que a leguminosa hibernal realiza, possui a capacidade de supri-lo ao solo e às plantas (KIRCHMANN, 1988), desta maneira podendo aumentar a produtividade (POUTALA & HANNUKKALA, 2009) do arroz ir-

rigado, visto que o N é o nutriente mais diretamente relacionado ao seu rendimento de grãos (LOPES et al., 2015).

Como cerca de 95% do N no solo está na forma orgânica (STENVENSON et al., 1982), para o suprimento deste nutriente às plantas é importante o constante aporte de resíduos com baixa relação carbono:nitrogênio (C:N). Resíduos com baixa relação C:N, como a de leguminosa hibernal (SILVA & MENDONÇA, 2007), podem ser rapidamente mineralizados (O'CONNEL et al., 2015) por microrganismos do solo (BALOTA et al., 2004), resultando na rápida disponibilização de N ao solo, e portanto, reduzindo a necessidade de adubos (LOUARN et al., 2015).

Nesse contexto, a hipótese deste trabalho é de que o cultivo de uma planta leguminosa (trevo persa – *Trifolium resupinatum*), planta tolerante ao excesso hídrico, durante o inverno e aliado à SD, aumenta a disponibilidade de N na solução do solo durante o ciclo do arroz irrigado, e que a disponibilidade de N da solução do solo está diretamente relacionada à sua produtividade. Por isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de N na solução do solo após o alagamento do arroz irrigado durante duas safras (2018/2019 e 2019/2020) após a adoção de diferentes manejos do solo no inverno em área arrozeira típica das terras baixas do RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro tecnológico Integrar/Agrinova, em Capivari do Sul, RS, Brasil. O clima da região, segundo classificação de Koppen-Geiger, é Cfa, ou seja, clima subtropical, com verão quente e as quatro estações do ano bem definidas, úmido durante todo o ano. A classificação do solo da área é Planossolo (STRECK, 2005).

Os tratamentos testados foram três diferentes arranjos de manejo hibernal no monocultivo de arroz irrigado. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso de parcelas com três repetições. A área das parcelas é de 0,5 hectare. Na safra de 2018/2019, os sistemas testados foram: manejo convencional do solo (pousio com preparo do solo antes da semeadura do arroz irrigado); e cobertura hibernal de trevo persa (*Trifolium resupinatum*) com SD do arroz irrigado. O trevo persa foi implantado com densidade de semeadura de 8 kg/ha e acumulou aproximadamente 3 Mg/ha de biomassa seca. A cultivar de arroz utilizada no verão foi a BRS Pampeira, semeada em 23 de outubro. Na safra de 2019/2020, além dos dois sistemas testados na safra anterior, agregou-se o manejo com pousio no inverno e SD de arroz irrigado. Diferente da primeira safra a densidade de semeadura do trevo persa foi de 4 kg/ha. Em 2019, a produção de biomassa seca do trevo persa foi similar à safra anterior (3 Mg/ha). A cultivar de arroz utilizada foi a IRGA 424 RI, semeada em 20 de novembro. A adubação nitrogenada (150 kg N/ha), na forma de ureia comum (45% N), foi realizada quando o arroz se encontrava no estágio V3-4 (Safra 2018/2019) e V2-3 (Safra 2019/2020), seguida do alagamento da área.

Para análise da solução do solo, nas duas safras, foi utilizado coletor de cano PVC com filtro de tecido de *nylon*, como descrito por (SILVA et al., 2003), na profundidade de solo de 5 cm. A coleta foi feita com uma canaleta de 4 mm ligando o coletor a uma seringa plástica de 60 mL. Após a adubação nitrogenada, iniciou-se as coletas que estão apresentadas como dias de alagamento do arroz (DAA). As amostras coletadas foram protegidas da temperatura ambiente em isolante de isopor com gelo. Posteriormente (2 a 4 horas após a coleta), foram armazenadas a -18ºC até a leitura do N mineral total ($NH_4^+$+$NO_2^-$+$NO_3^-$) por destilação de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). A colheita do arroz na safra de 2018/2019 foi realizada manualmen-

te com a coleta de duas linhas de 1 m linear em cada tratamento e, na safra de 2019/2020, a colheita foi totalmente mecanizada, calculada pelo total produzido em cada tratamento divido pela sua área em hectares.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao ajuste em um modelo linear de predição. Atendendo ao modelo, os resultados com duas vezes o desvio padrão foram considerados *outliers* e removidos da base de dados. As interações e resultados foram submetidos ao teste Tukey com 95% de nível de confiança. Todos os gráficos apresentados foram demostrados com a diferença mínima significante (DMS) ao critério selecionado com o HSD do pacote *agricolae*. Todos os testes apresentados foram realizados com o programa *R-statistical*® e os gráficos com o programa *Microsoft Excel*®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de N na solução do solo teve interação com o manejo hibernal adotado e com os DAA nas duas safras avaliadas. Como pode-se observar na **Figura 1** houve interação significativa entre os manejos hibernais e as épocas de coleta (DAA) na primeira safra avaliada (2018/2019). O manejo com trevo persa no inverno e SD do arroz irrigado teve 2 vezes mais quantidade de N na solução do solo, na média de todas as coletas. Ainda nessa safra, a disponibilidade de N na solução do solo após leguminosa hibernal foi superior ao pousio hibernal durante grande parte do período avaliado (**Figura 1**).

Os resultados da primeira safra já confirmam a primeira hipótese do nosso estudo, e que a disponibilidade de N é diretamente influenciada pelo cultivo de leguminosa hibernal, como demostrado por Louarn et al. (2015). Além disso, mostram como o cultivo de leguminosas sem revolvimento do solo melhora o sincronismo de absorção do arroz irrigado com a mineralização de N (O'CONNELL et al., 2015; DENARDIN et al., 2020).

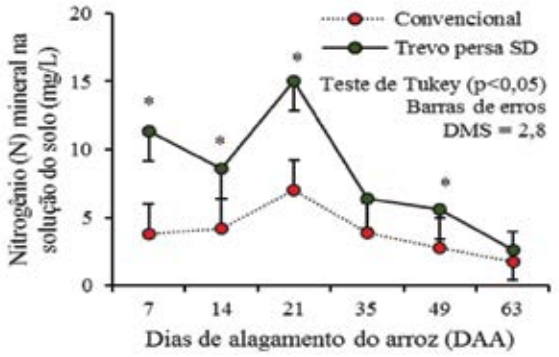



**Figura 1.** Nitrogênio (N) mineral na solução do solo durante 63 dias após o alagamento (DAA) do arroz irrigado em dois sistemas de manejo hibernal do solo. Safra 2018/2019, Capivari do Sul, RS, Brasil. A adubação de N foi realizada com 150 kg/ha, na forma de ureia, imediatamente antes do alagamento.

Na safra seguinte (2019/2020), o manejo hibernal que teve maior concentração de N na solução do solo foi o com leguminosa hibernal no inverno e SD (**Figura 2**). As concentrações de N desse manejo foram 2 vezes maiores que os manejos com pousio com SD do arroz e pousio com revolvimento do solo. Esta safra evidenciou que o manejo com leguminosa hibernal, em comparação aos manejos sem cobertura hibernal, é superior quanto à concentração de N na solução do solo durante todo o período avaliado (**Figura 2**).

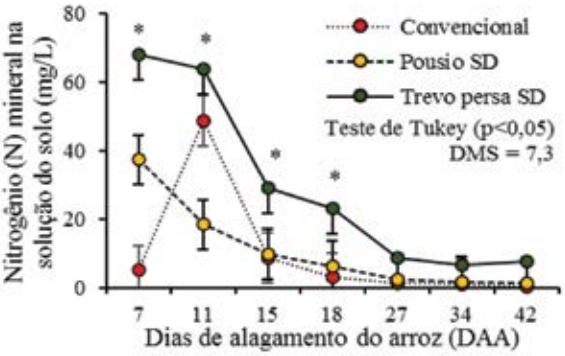



**Figura 2.** Nitrogênio (N) mineral na solução do solo durante 42 dias após o alagamento (DAA) do arroz irrigado em três sistemas de manejo hibernal do solo. Safra

2019/2020, Capivari do Sul, RS, Brasil. A adubação de N foi realizada com 150 kg/ha, na forma de ureia, imediatamente antes do alagamento.

Os manejos com a SD do arroz irrigado, independente da cobertura leguminosa, tiveram similaridade na concentração de N mineral no decorrer dos DAA (Figura 2).O manejo com pousio e revolvimento pré-semeadura do arroz irrigado teve um aumento de 8 vezes no N na solução do solo entre 7 e 11 DAA, provável efeito de uma rápida disponibilização do N adicionado via adubação na forma ureia. Isto pode ser influência da baixa quantidade de resíduo de cobertura hibernal presente no momento da adubação nitrogenado. Como este solo tem teores muito baixos de matéria orgânica (SBCS, 2016), aliado à ausência de resíduos vegetais, a capacidade do solo em imobilizar N na sua biomassa microbiana é muito baixa, mineralizando o N (STENVENSON et al., 1982) em poucos dias.

O aumento da disponibilidade e as mudanças na dinâmica do N na solução do solo é influenciado pelo seu manejo hibernal (KIRCHMANN, 1988). O cultivo de leguminosa hibernal, em ambos os anos, mostrou ser capaz de fornecer o dobro de N para a cultura do arroz irrigado em comparação aos manejos sem cobertura cultivada, resultados similares aos de Yu et al., (2015) em análise do N disponível no solo após cultivos de cobertura.

A Figura 3 mostra a relação direta entre a concentração de N na solução do solo e a produtividade do arroz irrigado, nas duas safras avaliadas.

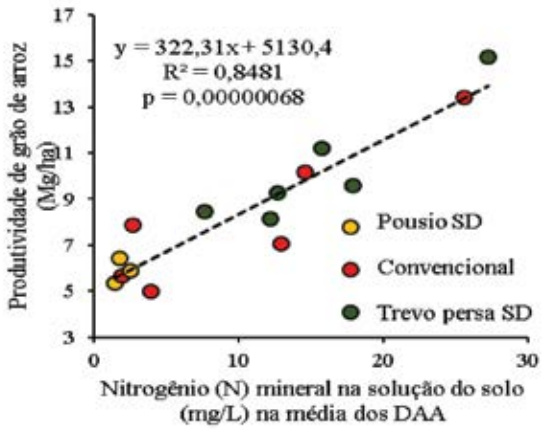



Figura 3. Relação entre a produtividade de grãos de arroz irrigado em três diferentes manejos hibernais com semeadura direta (SD) e a concentração de nitrogênio (N) na solução do solo, na média das coletas realizadas. Safras 2018/2019 e 2019/2020, Capivari do Sul, RS, Brasil. A adubação de N foi realizada com 150 kg/ha, na forma de ureia, imediatamente antes do alagamento.

O resultado confirma que o N na solução do solo, que depende do manejo hibernal (Figuras 1 e 2) tem relação direta com a produtividade de arroz irrigado. Alguns estudos registraram sintomas de toxidez por altas (>60mg/L) concentrações de N na solução do solo em arroz irrigado (BRITTO & KRONZUCKER, 2002). Porém, essa concentração só foi observada em duas épocas de coleta da solução do solo, no manejo hibernal com a leguminosa de inverno. E, na média das avaliações, como pode-se observar (Figura 3) neste estudo, a produtividade de grãos do arroz foi diretamente relacionada à concentração de N na solução do solo, não havendo registro de toxidez por excesso de N para o arroz irrigado.

## CONCLUSÕES

A cobertura hibernal do solo com leguminosa, aliado à semeadura direta, proporciona maior concentração de nitrogênio (N) na solução do solo durante o cultivo do arroz irrigado.

A produtividade de grãos do arroz irrigado é fortemente relacionada ($R^2$ = 0,84) à concentração média de N na solução do solo durante o seu ciclo de desenvolvimento, havendo maior produtividade com o cultivo de leguminosa hibernal e adoção da semeadura direta.

## REFERÊNCIAS


BALOTA, E. L. et al. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: a long-term study. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v. 197, p. 31-40, 2014.

BRITTO, D. T. & KRONZUCKER, H. J. NH4+ toxicity in higher plants: A critical review. Journal of Plant Physiology, v. 159, n. 6, p. 567-584, 2002.

CARMONA, F. C. et al. Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. Porto Alegre: RJR, 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2018/2019: décimo primeiro levantamento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, Brasília, DF, v. 6 n. 11, p. 34-42, 2018.

DENARDIN, L. G. O. et al. Integrated crop-livestock systems in paddy fields: New strategies for flooded rice nutrition. Agronomy Journal. Porto Alegre, v.112, n. 3, 2020.

GRiSP - Global Rice Science Partnership. 2013. Rice almanac, 4th edition. Los Baños (Philippines):International Rice Research Institute. 283 p.

HILL, Erin C. et al. Cover crop impact on weed dynamics in an organic dry bean system. Weed Science, Champaign, v. 64, n. 2, p. 261–275, June 2016.

IRGA. Boletim de resultados da lavoura - safra 2019/2020. [2020].

IRGA. Custo de produção ponderado do arroz irrigado do Rio Grande do Sul. [2019].

KIRCHMANN, H. et al. Shoot and root growth and nitrogen uptake by six green manure legumes. Acta Agriculturae Scandinavica, Stockholm, v. 38, n. 1, p. 25–31, 1988.

LOPES, M. B. S. et al. Nitrogen doses in rice grow in a tropical lowland. Comunicata Scientiae, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 404-411, 2015.

LOUARN, G. et al. An empirical model that uses light attenuation and plant nitrogen status to predict within-canopy nitrogen distribution and upscale photosynthesis from leaf to whole canopy. AoB PLANTS, Oxford, v. 7, [art.] plv116, 2015.

O'CONNELL, S. et al. Short-term nitrogen mineralization from warm-season cover crops in organic farming systems. Plant and Soil, The Hague, v. 396, n. 1/2, p. 353–367, 2015.

POUTALA, R. T.; HANNUKKALA, A. The effect of the method of incorporation of Trifolium resupinatum L. and Vicia villosa Roth. Residues in the soil on the performance of a succeeding cereal crop. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, Copenhagen, v. 45, n. 4, p. 251–257, 1995.

SBCS. Manual de calagem e adubação: para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. [S.l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul, 2016.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, L.S. etal. Alterações nos teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem planta de arroz. Ci. Rural, v.13, n.3 p. 487-490, 2003.

SOSBAI. Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 31. ed. Pelotas: SOSBAI, 2018. 200 p.

STENVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. J. et al. (ed.). Nitrogen in agricultural soils. Madison: American Society of Agronomy, 1982. cap. 1, p. 1-42.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. 2019. Rice: Data & Analysis. p.

YU, Y.; XUE, L.; YANG, L. Winter legumes in rice crop rotations reduces nitrogen loss and improves rice yield and soil nitrogen supply. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, v. 34 n.3p. 633-640, 2014.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Disponibilidade de nutrientes e a interferência na germinação de desenvolvimento de Buva

Caroline Maldaner Follmer[1]; Nadia Canali Lângaro[2]; Claudia Petry[2]; Edson Campanhola Bortoluzzi[3]

[1]Estudante, Universidade de Passo Fundo - UPF, Linha Coronel Gervásio, Tapera – RS. CEP: 99490-000. E-mail: carolfollmer@hotmail.com; [2]Professora; Universidade de Passo Fundo - UPF; [3]Professor; Universidade de Passo Fundo - UPF.

## INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são espécies vegetais que interferem de forma prejudicial no meio agrícola e pecuário. A buva tornou-se um problema desde a década de 60, tendo o uso de herbicidas como principal forma de controle, porém muitos deles perderam a sua capacidade de controle e a espécie se tornou resistente. Segundo Heap (2011), a pressão de seleção causada pelo uso de moléculas como o glifosato resultou no aparecimento de biótipos resistentes.

A buva apresenta alta capacidade de infestação devido às características de disseminação e multiplicação da espécie. Estima-se que a produção de sementes de buva possa chegar a 200 mil por planta (WEAVER, 2001). Ainda, Dauer et al. (2007), comentam que a dispersão de sementes pode se dar em até 500 m da fonte.

A buva é uma espécie fotoblástica positiva que tem por característica a necessidade de luz para iniciar o processo de germinação. Também, é uma espécie que a germinação pode responder a estímulos edáficos tais como salinidade e pH (NANDULA et al., 2006; LAZAROTO et al., 2008). Além disso, a espécie não apresenta dormência, assim, encontrando condições favoráveis, irá iniciar a germinação (WU et al, 2007).

Entretanto, os fatores de solos que controlam a germinação de buva não são totalmente conhecidos. As altas infestações de buva em lavouras verificadas recentemente, mesmo aquelas sob plantio direto, podem ter relação com as condições de superfície do solo (pH) e a quantidade e forma de adubação realizadas.

Nesse sentido, conforme a adubação e calagem pode haver interferência na espécie no que tange a sua germinação, emergência e desenvolvimento. Sabe-se que na soja, o teor de sais influencia negativamente enquanto o conteúdo de fósforo favorece a germinação. Assim, pode-se esperar que as plantas de *Conyza* spp. Possam também responder a esses estímulos.

O objetivo da pesquisa foi, em condições controladas, verificar qual a relação entre a disponibilidade de nutrientes e a forma de aplicação de calcário e a germinação, emergência e desenvolvimento de *Conyza* spp.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento buscou simular condições de campo quanto a forma de aplicação de fertilizantes e calcário ao solo (a lanço ou incorporado). Para isso, sementes de buva foram semeadas em bandejas contendo solo autoclavado. Os

nutrientes testados foram os seguintes: Cálcio, Magnésio, Fósforo e Potássio, de forma isolada ou em combinação.

O solo utilizado no experimento foi o horizonte B de um Latossolo coletado nas seguintes coordenadas (28º38'53,16"S e 52º49'40,17" O). 300 gramas de solo foram colocadas em bandejas Galvanotek® com 15 x 10 x 3 cm, onde foram adicionados calcário dolomítico filler e fontes de cálcio, magnésio, P e K (superfosfato triplo – SFT e cloreto de potássio - KCl).

A dose usada também simulou as utilizadas na região para a cultura da soja, sendo as seguintes: 2,7 t $ha^{-1}$ de calcário quando em superfície, e 10,3 t $ha^{-1}$ quando incorporado. O SFT aplicado foi na dose equivalente a 100 kg $ha^{-1}$ e o KCl na dose equivalente de 80 kg $ha^{-1}$. 0,01 mg de sementes de buva, correspondente em média a 400 sementes foi disposta sobre o solo. Após a aplicação dos tratamentos, as bandejas foram condicionadas em câmara de germinação com fotoperíodo (BOD) por um período de 21 dias, com doze horas de fotoperíodo e 24ºC. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 12 combinações de elementos e testemunha. Sendo os seguintes tratamentos: Calagem em Superfície – T1: CaMg; T2: CaMgP; T3: CaMgK e T4: CaMgPK. Calcário incorporado – T5: CaMg; T6: CaMgP; T7: CaMgK; T8: CaMgPK e Por fim solo sem calcário: T9: sem calcário (Testemunha); T10: Solo+P; T11: Solo+K; T12: Solo+PK.

As sementes foram mantidas na BOD para que se desenvolvessem, e posteriormente fossem mensuradas para o comprimento de raízes primárias e hipocótilo, realizada a mensuração de massa verde e seca das plântulas. Foram avaliados o índice de velocidade de emergência, percentual de emergência, tamanho de raiz e hipocótilo, e massa verde e seca de plântulas. A emergência das sementes foi acompanhada durante os primeiros quinze dias. O critério utilizado na identificação da emergência das plântulas foi a visualização do hipocótilo na superfície do solo.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à ANOVA conforme o delineamento descrito (Tabela 1). As médias foram comparadas por meio do teste de Skott-Knott ($P<0,01$) pelo programa Sasm-Agri (CANTERI et al., 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando aplicados em superfície, os nutrientes K, P, Ca e Mg de forma isolada ou conjunta verificou-se um efeito sinérgico na germinação. Quando estes nutrientes foram incorporados, isolados ou em conjunto, observou-se um antagonismo na germinação, emergência e desenvolvimento da buva.

P e K apresentaram comportamento contrastante, o primeiro apresentou antagonismo e o segundo sinergismo em relação ao controle. Na combinação dos seguintes nutrientes: K + Ca +Mg observou-se um efeito sinérgico; a combinação de P + K + Ca + Mg potencializou a germinação, emergência e desenvolvimento de buva (Figura 1).

Estes resultados sugerem que a condição eutrófica do solo em superfície controla a germinação de buva. Assim, é possível que o manejo da fertilidade do solo pode ser usado como estratégia de manejo de plantas daninhas atuando no processo inicial de ocorrência desta espécie nas lavouras.

Ainda, esses resultados contribuem com o estado da arte, pois até então não se havia estabelecido a relação entre certos nutrientes e a resposta da buva. Quanto a salinidade e condições de pH, vale ressaltar o trabalho de Nandula et al. (2006), em que sementes de buva podem melhor germinar sob condições de alta salinidade do solo e em pH neutro, comparativamente

aos solos ácidos. Lazaroto et al. (2008), comentam que, essa faixa de pH (>5.5) é também o preferencial tanto da espécies de buva quanto das culturas de importância, o que facilitaria a ocorrência da espécie.

Desta forma, o manejo da fertilidade do solo, a forma de aplicação de adubos e calcários em superfície ou incorporados deveriam também ser considerados no manejo de plantas daninhas tais como buva. Também, as premissas do Sistema Plantio Direto (SPD) devem ser retomadas principalmente quanto a presença de palha e cobertura de solo já que a germinação de buva é inibida pela cobertura do solo (GOULART, 2019).

## CONCLUSÕES

A buva nos seus processos de emergência e desenvolvimento se mostrou responsiva a presença de nutrientes de forma isoladamente ou em combinação. Dois efeitos distintos são observados: antagônicos e sinérgicos. A presença de fósforo (na forma de SFT) se mostrou antagônico à germinação e ao desenvolvimento de buva. Já, o potássio (aplicado na forma de KCl) se mostrou sinérgico quanto à germinação de buva.

Esses resultados sugerem que o uso de calcário em superfície, conjuntamente com a aplicação de KCl e SFT a lanço afetam negativamente a qualidade do SPD favorecendo a germinação e o desenvolvimento de buva. Isso pode explicar porque as áreas de SPD manejadas dessa forma apresentam alta infestação de espécies de Buva. Entretanto esse estudo permite afirmar que se a fertilidade do solo for manejada de forma adequada poderá diminuir a probabilidade de ocorrência de espécies de plantas daninhas que respondem similarmente a buva e aos nutrientes aqui estudados.

**AGRADECIMENTOS**: Aos meus orientadores, Edson e Nádia, pela orientação e apoio. Aos meus pais pelo incentivo. Aos demais que me apoiaram durante este trabalho, meu muito obrigada.

## REFERÊNCIAS

Canteri, M. G, Althaus, R., A., Virgens Filho, J. S., Giglioti, E. A., Godoy, C. V. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott – Knott, Tukey e Duncan. R. Bras. de Agrocomputação, 2001. V.1, N.2, p. 18-24.

Dauer, J., Mortensen, D. A., and VanGessel, M. 2007. Spatial and temporal dynamics governing long distance dispersal of Conyza canadensis. J. Appl. Ecol. 44:105–114.

Goulart, A. C. P. O Sistema Plantio Direto e as doenças de plantas. Grupo Cultivar. [Acessado em: 8 out. 2019]. Disponível em:< https://www.grupocultivar.com.br/ artigos/o-sistema-plantio-direto-e-as-doencas-de-plantas>.

Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. [Acessado em: 8 out. 2019] Disponível: em: < www.weedscience.org>.

Lazaroto, C. A.; Fleck, N. G.; Vidal, R. A. Biologia e Ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). R. Ciência Rural. 2008. v. 38, n. 3, p. 852-860.

Nandula, V. K. et al. Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). Weed Science Journal, United Kingdom.,2006. v.54, n.5, p. 898-902

Weaver, S. E. The biology of Canadian weeds. 115. *Conyza canadensis*. Can. J. Plant Sci.2001. 81:867–875.

Wu, W.; Walker, S.; Rollin, M. J.; Tan, D.K.Y.; Robinson, G. & Werth, J. Germination, persistance, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [ L.] Cronquist). Weed Biology and Mangement, 2007. 7(1): 192-199.

**Tabela 1**: Resumo da análise de variância em solo para: Percentual de emergência (% E), índice de velocidade de emergência (IVE), Altura de parte aérea (PA) e Comprimento de raiz (CR), Massa verde (MV) e Massa seca (MS) para as sementes e plântula de buva para a etapa em solo. Passo Fundo- 2019

| FV | Quadrado Médio | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | G.L | %E | IVE | APA mm) | CR (mm) | MV(mg) | MS(mg) |
| T | 11 | $13,86^{1,16NS}$ | $12,08^{1,23NS}$ | $46,50^{1,56NS}$ | $71,42^{1,96NS}$ | $0,03^{2,04*}$ | $4,50^{3,01**}$ |
| R | 36 | $11,91^{1,16NS}$ | $9,80^{1,23NS}$ | $29,77^{1,56NS}$ | $36,35^{1,96NS}$ | $0,01^{2,04*}$ | $1,66^{3,01**}$ |
| Total | 47 | | | | | | |
| C.V(%) | | 53,07 | 57,16 | 45,70 | 46,82 | 137,18 | 71,31 |

(**), (*), NS: significância a 5%, 1% de probabilidade de erro e não significativo

C.V% - Coeficiente de Variação

T; R: Tratamento e resíduo, respectivamente.

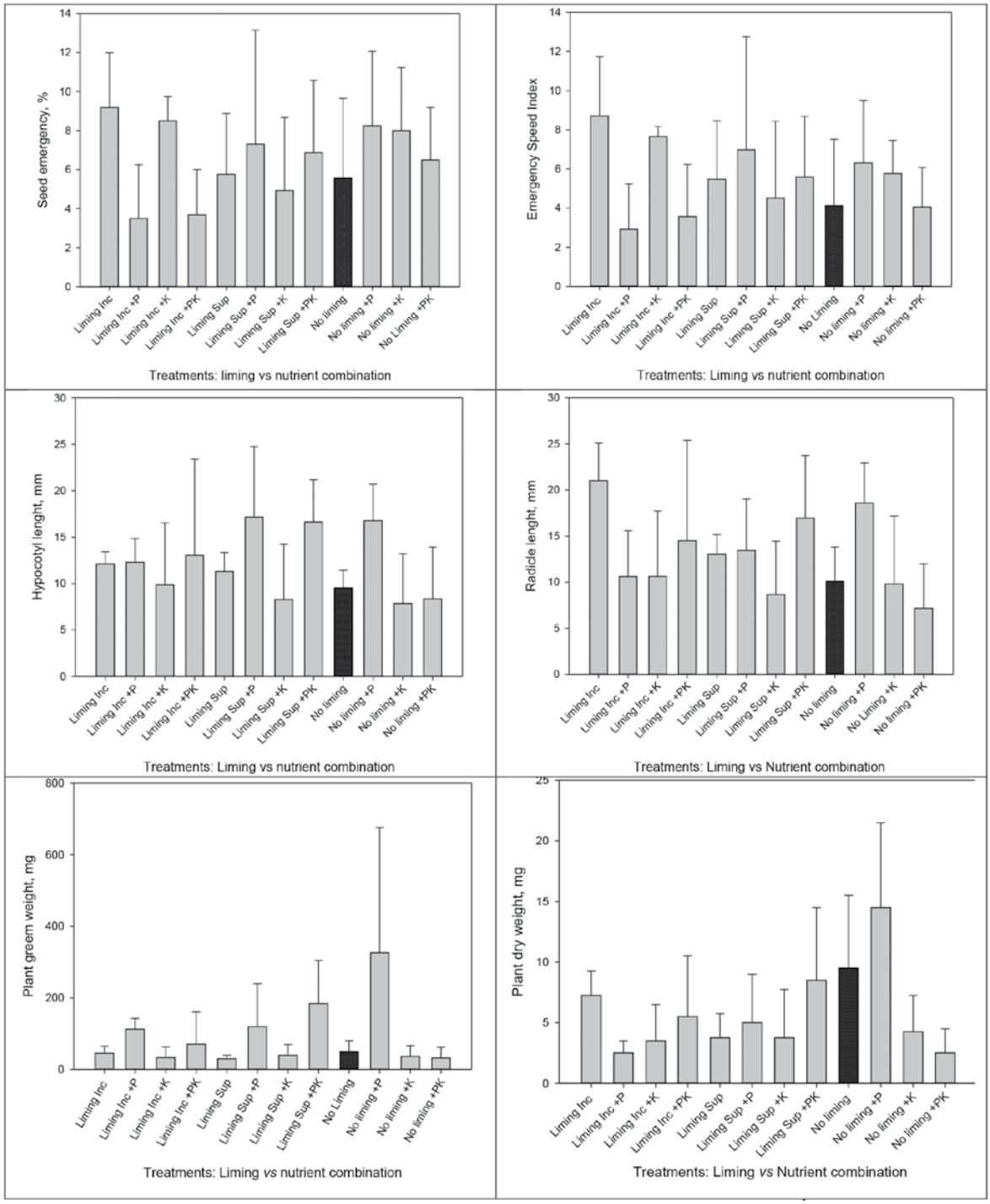



Figura 1: Gráficos referentes ao experimento em solo para as variáveis: %Emergência, Índice de velocidade de emergência, Altura de Parte Aérea e Comprimento de Raiz, Massa verde (M. verde) e Massa seca (M. seca) para as sementes e plântula de buva para a etapa em solo. Passo Fundo, 2019.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em plantio tardio de alho

Mateus Barpp[1]; Bruna Gustmann Lazzaretti[1]; Luís Felipe Boés[1]; Carlos Koji Kato[2]; Leandro Hahn[3]

[1]Estudantes de Agronomia da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp). Endereço: Rua Herculano Coelho de Souza nº 678, Ap. 11, Caçador-SC. E-mail: mateusbarpp132426@gmail.com; [2]Extensionista da Epagri, Escritório Municipal de Lebon Régis. [3]Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp.

## INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina figura entre os principais produtores de alho nobre, respondendo por cerca de 23,7% da produção nacional. A região do Meio-Oeste concentra a maioria das propriedades que desenvolvem a atividade, principalmente os municípios de Curitibanos, Frei Rogério e Fraiburgo (IBGE, 2018).

Nessa cultura, o nitrogênio (N) é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade do bulbo de alho (SANTOS et al., 2017). Aplicação em doses e fases inadequadas do desenvolvimento do alho pode comprometer o rendimento e rentabilidade dos cultivos, principalmente por promover o superbrotamento e ocorrência de bacteriose (HAHN et al., 2020).

Respostas do alho à aplicação de N são bastante variáveis, sendo obtidas desde a dose de 50 kg $ha^{-1}$ (PATEL et al., 1996) até 307 kg $ha^{-1}$ (HAHN et al., 2020). Estes últimos autores obtiveram em ano com elevadas precipitações, o máximo de rendimento comercial de alho com ausência de N pelo aumento do alho não-comercial com o aumento da adubação nitrogenada.

O plantio de alho no sul do Brasil ocorre desde a segunda quinzena de maio e se estende até fim de julho. A época de plantio de alho pode influenciar o rendimento de bulbos, pois plantios mais tardios tendem a diminuir o ciclo de crescimento das plantas e, com isso, pode-se esperar um menor rendimento de bulbos. Para estes cultivos, há pouca informação disponível sobre a resposta das plantas à adubação nitrogenada, tanto em relação à doses quanto à época de aplicação.

O objetivo da pesquisa foi avaliar doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em plantio tardio de alho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2019/2020, numa lavoura comercial localizada em Lebon Régis-SC, a 980 m de altitude. O solo predominante na propriedade é classificado em Nitossolo Bruno Distrófico (Embrapa Solos, 2013) e apresentou as seguintes características antes do plantio de alho: argila 53%, MO 4,5%, pH $H_2O$ 6,0, fósforo Mehlich1 47,5 mg $dm^{-3}$, potássio 296 mg $dm^{-3}$, cálcio 15,3 cmolc $dm^{-3}$, magnésio 5,0 $cmol_c$ $dm^{-3}$, saturação de bases 84,3%, CTC 25,00 $cmol_c$ $dm^{-3}$.

O experimento foi conduzido em área com alho plantado dia 19 de julho de 2019. No plantio do alho aplicou-se 1.000 kg $ha^{-1}$ do fertilizante formulado 03-30-15, incorporado com enxada rotativa numa camada de 0-20 cm de profundidade.

O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 4x2, compreendendo quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg $ha^{-1}$) e duas épocas de aplicação: aos 30 dias após o plantio (1ª cobertura) e após a diferenciação das plantas (2ª cobertura), aos 90 dias após o plantio. O N foi aplicado na forma de ureia na superfície do solo, sucedida com aplicação de uma lâmina de 10 mm de água via aspersão.

As parcelas foram formadas por um canteiro constituído por três linhas duplas de plantio de 5 m de comprimento. Foi utilizado espaçamento entre as linhas duplas de 38 cm, 12 cm entre as filas simples, 10 cm entre plantas e entre as linhas externas de canteiros adjacentes de 50 cm. No plantio foi utilizado bulbos-semente livre de vírus de quarta geração, peneiras 4 e 5, provenientes de cultura de meristemas da cultivar Chonan, na densidade de 37,03 bulbilhos-semente $m^{-2}$, totalizando uma população de 370 mil plantas $ha^{-1}$.

A colheita dos bulbos realizou-se em um metro linear de canteiro dentro da área útil da parcela. Após a colheita, as plantas foram submetidas à cura por cerca de 40 dias, sendo então determinada a produtividade total e a porcentagem de bulbos superbrotados e abertos (sem as túnicas que recobrem os bulbilhos), considerado alho não-comercial. Os bulbos adequados à comercialização foram distribuídos em classes de tamanho segundo a portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992, do MAPA (LUENGO, 2018).

Os resultados, foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados, e submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste Tukey a 5%. Todas as análises foram implementadas usando o programa "R", versão 3.0.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de alho nas classes comerciais teve interação das doses e épocas de aplicação de N (Figura 1). Aos 30 dias após o plantio (1ª cobertura), o aumento da aplicação de N, de 0 a 150 kg $ha^{-1}$, diminuiu o rendimento comercial do alho. Do contrário, nesta condição, aumentou a produção de alho não-comercial (Figura 2b), o qual teve um aumento linear com o aumento das doses de N na 1ª cobertura.

Por outro lado, na aplicação de N após a diferenciação das plantas, o maior rendimento foi obtido com a dose 56,3 kg $ha^{-1}$ (Figura 1) e não houve efeito das doses de N sobre a produção de alho não-comercial.

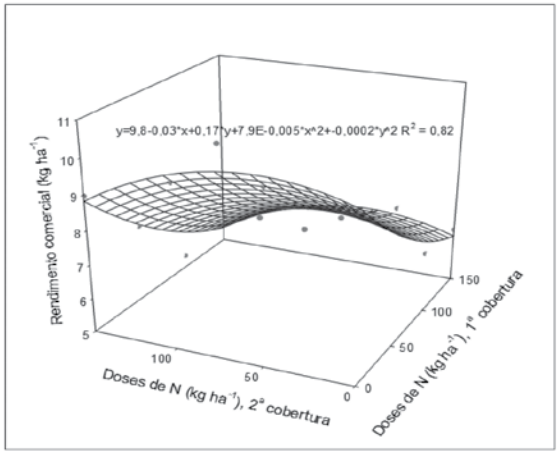



Figura 1. Rendimento comercial de alho submetido à doses crescentes de N em duas épocas de aplicação.

Nas classes comerciais de alho, as quais variam de acordo com o maior diâmetro transversal do bulbo (3, a menor classe e 7 a maior classe) (LUENGO, 2018), somente a classe 5 (diâmetro maior que 42 até 47 mm) teve um efeito das doses de N aplicadas na 1ª cobertura (Figura 2a), com um ajuste quadrático das doses. No en-

tanto, por se tratar de uma classe intermediária em tamanho, este resultado apresenta pouca relevância no somatório de todas as classes comerciais.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam a necessidade da adequação das doses de N de acordo com a época de aplicação para obtenção de altos rendimentos comerciais de alho em plantios tardios. O N fornecido pelo fertilizante formulado aplicado no plantio (30 kg $ha^{-1}$), além do N mineralizado pelos altos teores de MO (4,5%), foi suficiente para atender a necessidade da cultura nas condições do presente estudo.

Destaca-se que os altos percentuais de alho não-comercial obtidos com altas doses de N na 1ª e 2ª aplicação, com valores próximos a 50%, foram de bulbos que não superbrotaram, mas com alta incidência de bacteriose. Como já previsto, alhos plantados tardiamente apresentam baixo percentual de superbrotamento, no entanto, o excesso de N favorece o desenvolvimento de bactérias do gênero *Pseudomonas* que causam essa doença. Quatro espécies do gênero *Pseudomonas* causam a doença no alho, no entanto, a que ocorre em quase todos os Estados produtores (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina), é a *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* (RESENDE et al. sd). Essas bactérias causam um amarelecimento das folhas e, após seu desenvolvimento, adquirem uma coloração marrom progredindo para o pseudocaule e apodrecendo a folha até o bulbo (LI et al. 2009).

As informações obtidas no presente estudo são importantes para orientar alhicultores do sul do Brasil a obter o máximo de rendimento comercial com aplicação de N, evitando dessa maneira, aplicações desnecessárias.

## CONCLUSÕES

O aumento do N aplicado aos 30 dias após o plantio (1ª cobertura) diminui o rendimento comercial de alho em plantio tardio. Na aplicação após a diferenciação das plantas (2ª cobertura) a dose de 56,3 kg $ha^{-1}$ apresenta o máximo de rendimento comercial de alho.

## REFERÊNCIAS

Hahn L, Paviani AC, Feltrim AL, Wamser AF, Rozane DE, Reis AR. Nitrogen doses and nutritional diagnosis of virus free garlic. Rev Bras Cienc Solo. 2020;44:e0190067. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190067

Ibge. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Subsecretaria do Agronegócio. Minas Gerais. [cited 2018 Jan 12]. Available from: http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_alho_jul_20151[1].pdf.

Li RRYB, Yu SH, Qiu, W, Fang Y, Xie GL. First report on bacterial heart rot of garlic caused by *Pseudomonas fluorescens* in China. The Plant Path J. 2009;25:91-94. doi. https://10.5423/PPJ.2009.25.1.091.

Luengo RFA, Calbo AG, Lana MM, Moretti CL, Henz GP. Classificação de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças; 1999. Available from: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/ CNPH-2009/26382/1/do_22.pdf.

Macêdo FS, Souza RJ, Carvalho JG, Santos BR, Leite LCR. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. Bragantia. 2009;68:657-63. https://doi.org/10.1590/S0006-70520090003000012

Patel BG, Khanapara VD, Malavia DD, Kaneria BB. Performance of drip and surface methods of irrigation for garlic (*Allium sativum* L.) under varying nitrogen levels. Indian J

Agron. 1996; 41:174-176. doi: https://10.3923/ajaps.2014.453.469.

Resende FV, Haber LL, Pinheiro JN. Doenças da cultura do alho. Disponível em: https://www.embrapa.br/hortalicas/alho/doencas. Acesso em 02 jul 2020.

Santos LPD, Cunha MLP, Clemente JM, Oliveira TF, Aquino PM, Assunção NS, Aquino LA. Recovery efficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium of the garlic crop. J Plant Nutr. 2017;40:624-31. https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1240201

Wu C, Wang M, Cheng Z, Meng H. Response of garlic (*Allium sativum* L.) bolting and bulbing to temperature and photoperiod treatments. Biol Open. 2016;5:507-18. https://doi.org/10.1242/bio.016444.

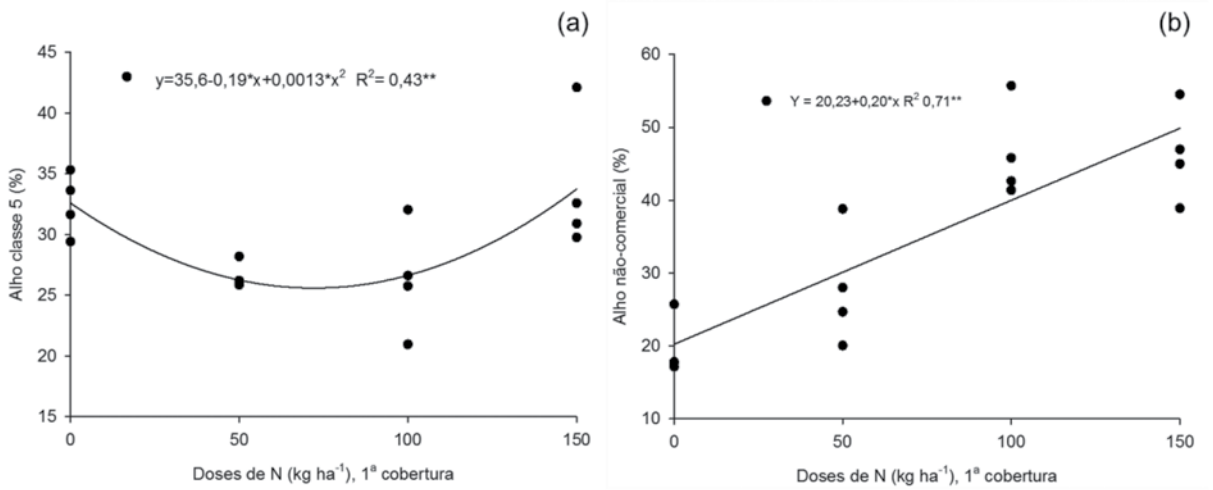



Figura 2. Produção de alho não-comercial (a) e da classe 5 (b) em função de doses de N aplicadas aos 30 dias após o plantio (1ª cobertura).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito de Diferentes Fontes de Agrosilício e de Lâminas de Água Sobre Algumas Características Produtivas da *Urochloa brizantha* Cv. Marandu.

Carlos Eugênio Martins[1]; Wadson Sebastião Duarte da Rocha[2]; Mirton José da Frota Morenz[2]; Alexandre Magno Brighenti dos Santos[2]; Carlos Augusto de Miranda Gomide[2]; Marcelo Dias Müller[2]

[1]Pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, Nº 610, Bairro Dom Bosco, Juiz de Fora/MG – carlos.eugenio@embrapa.br; [2]Pesquisadores – Embrapa Gado de Leite

## INTRODUÇÃO

O aumento progressivo da produção e da produtividade das culturas, disponibilizando alimentos, fibras, frutos, agroenergia e outros produtos agropecuários para atender o crescimento da população mundial, impõem ao empresário rural a necessidade do uso eficiente de corretivos e fertilizantes, de maneira a conseguir aumento da capacidade produtiva das culturas. O uso de fertilizantes orgânicos, minerais ou outras fontes alternativas, constitui imperativo para o aumento da produtividade das lavouras. Neste sentido, tem crescido o uso de fontes alternativas para substituir aos adubos orgânicos e/ou minerais, como é o caso do uso de pó de rochas, oriundo da utilização de rochas na aciduaria, britagem para uso na construção civil, etc., dando origem a um passivo que necessita ser removido do ambiente. A agropecuária é função de uma série de fatores, relacionados ao solo, clima e vegetação, influenciados diretamente pelo efeito antrópico, dentre outros. Com referência ao solo, as práticas de preparo do solo, manejo, calagem e adubação de plantio e de cobertura/manutenção, são importantes para garantir o aumento da produtividade das culturas. Existem várias rochas silicáticas ricas em nutrientes, dentre eles o potássio (K), abundantes no Brasil e com possibilidade de uso como fonte de K em sua forma moída. Estudos iniciados pela Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília evidenciaram o potencial de utilização dessas rochas como fontes alternativas de K às culturas (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004). A utilização de escórias de siderurgia, como é o caso do Agrosilício Plus e Mg é de grande interesse na produção vegetal, por ter papel importante da neutralização parcial de alumínio tóxico e na disponibilização de nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Entretanto, são escassas as pesquisas desenvolvidas nessa área, principalmente, para aplicação em pastagens. Neste sentido, tem crescido o interesse de várias empresas em disponibilizar estas fontes alternativas de adubo, uma vez que o país possui um grande potencial de produção das mesmas, em razão da abundância nos pátios de muitas indústrias. A correta utilização destes resíduos pode ser benéfico tanto para as organizações quanto para o meio ambiente (GUIMARÃES, 2019). Apesar de

existirem pesquisas sobre a aplicação desse material em algumas culturas, ainda se faz necessário realizar uma avaliação mais ampla desse subproduto sob várias condições de solo, clima, diferentes sistemas de produção, além de ações de transferência de conhecimentos e tecnologia para multiplicadores e empresários rurais, visando o aumento da utilização dos mesmos, em escala comercial. No que diz respeito ao clima, o fator água no solo é passível de modificação, uma vez que o uso da irrigação constitui imperativo para o aumento constante da produtividade das culturas, desde que, para tanto, a temperatura média das mínimas, não seja inferior a 15º C (PASSOS, 1994). O aumento da produção de leite e carne tem se destacado pela intensificação da produção a pasto, onde o uso das tecnologias como os sistemas de irrigação, possibilitam aumentar a produção da biomassa das forrageiras (ALENCAR, 2007). A irrigação é uma forma de garantir a produtividade em épocas de baixa precipitação, porém, o seu estudo é escasso, especialmente em pastagens. O manejo da irrigação é um recurso para racionalizar a aplicação de água às culturas de maneira a complementar às precipitações pluviométricas, necessitando-se de procedimentos técnicos para determinar o turno de rega e a quantidade de água a aplicar. Práticas adequadas de irrigação contribuem para aumentar a produtividade das culturas, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, minimizar o uso da água e preservar os recursos hídricos. O controle da umidade e a definição do momento de irrigar podem ser estabelecidos por intermédio de análise da curva de retenção da água no solo, concomitantemente com o uso de tensiômetros, que é um método direto para determinação da tensão de água no solo e indireto para determinação da porcentagem de água no solo (BERNARDO et al., 2006). A técnica de *Line Source Sprinkler System*, constitui-se numa excelente estratégia para determinar a quantidade de água necessária ao desenvolvimento das culturas (ALENCAR, 2007).

Deste modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar algumas características agronômicas de *Urochloa* (*Brachiaria*) *brizantha*, Cv Marandu, sob diferentes fontes de agrosilício e lâminas de água em sistema de monocultivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB), pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco/MG. O preparo do solo foi o convencional, aração seguida de gradagem e adubação fosfatada de plantio, na quantidade de 100 kg/ha de $P_2O_5$, incorporados ao solo por meio da gradagem. A caracterização química do solo antes da instalação do experimento na profundidade de 0 a 20 cm, apresentou os seguintes resultados – pH, 4,2 ($H_2O$); P, 8,9 e K, 40 (mg/dm$^3$); $Ca^{2+}$, 0,7; $Mg^{2+}$, 0,2; $Al^{3+}$, 1,3; H + Al, 6,93; SB, 1,0; CTC (t), 2,3; CTC (T), 7,9 (cmol$^c$/dm$^3$); V, 13 e m, 57 (%) e MO, 3,1 (mg/dm$^3$). Em seguida, foram distribuídas as fontes de Agrosilício. O Agrosilício Plus (As Plus, foi registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como corretivo de acidez do solo), enquanto o Agrosilício Mg (As Mg, foi registrado junto ao MAPA, como fertilizante multinutriente). Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela dividida, onde as fontes de agrosilício e a testemunha (sem fonte de agrosilício) foram alocadas na parcela inteira e as lâminas de água alocadas na subparcela, em quatro repetições.

Foram aplicados 1.000 kg/ha de cada fonte de agrosilício, conforme orientações da Harsco Minerais LTDA, produtora das referidas fontes. Ambas as fontes foram incorporadas com enxada, pra evitar que houvesse contaminação das parcelas com fontes diferentes. Na sequên-

cia, foi realizado o plantio a lanço das sementes, utilizando como planta indicadora a *B. brizantha*, Cv. Marandu. As subparcelas experimentais (Figura 1), mediram 3 m de largura e 6 m de comprimento, com área de 18 m². Portanto, cada parcela experimental foi formada pelas seis lâminas de água, medindo 6 m x 18 m, com área total de 108 m2.

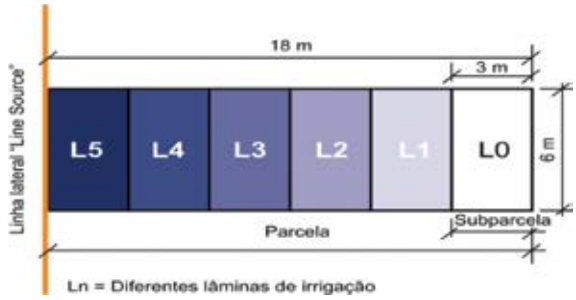



**Figura 1** – Esquema da parcela com subparcelas.

Lâmina 5 (L5) – 0 a 3 m da linha de aspersores – Em média recebe 20% mais água que a lâmina 4; Lâmina 4 (L4) – 3 a 6 m da linha de aspersores – Recebe água equivalente à Capacidade de Campo; Lâmina 3 (L3) – 6 a 9 m da linha de aspersores – Em média recebe 20% menos água que a lâmina 4; Lâmina 2 (L2) – 9 a 12 m da linha de aspersores – Em média recebe 40% menos água que a lâmina 4; Lâmina 1 (L1) – 12 a 15 m da linha de aspersores – Em média recebe 60% menos água que a lâmina 4 e Lâmina 0 (L0) – 15 a 18 m da linha de aspersores

– Não recebe água de irrigação. Vale salientar que neste intevalo de crescimento da cultura, houve precupitação de 73,2 mm de chuva. As lâminas de irrigação foram originadas das diferentes distribuições de água na direção perpendicular à tubulação com os aspersores, denominado *Line Source Sprinkler System* (ALENCAR, 2007). No estádio inicial do experimento, foram realizadas irrigações regulares em todos os tratamentos, de modo a assegurar uniformidade de germinação e completo estabelecimento das forrageiras, utilizando-se para isto, de um sistema de aspersão convencional. Em seguida, foi realizado um corte de uniformização, onde as plantas foram cortadas numa altura de 20 cm do solo, sendo, então, aplicadas as diferentes lâminas de água, até o final da condução do experimento. Durante o período de diferenciação dos tratamentos, a necessidade de irrigação foi determinada tomando-se como controle o tratamento L4, parcela de referência, mantida na capacidade de campo e utilizando o monitoramento do potencial de água no solo. O monitoramento do potencial foi realizado com tensímetro digital usando tubos tensiométricos instalados a 15 e 30 cm de profundidade, com leituras diárias e sempre no mesmo horário, em torno das 09:00 horas da manhã. A frequência de irrigação e a quantidade de água aplicada foram determinadas em função do potencial mátrico. A irrigação iniciou-se quando os tensiômetros instalados a 15 cm registraram valores de potencial em torno de -50 a -60 kPa. Com o potencial matricial e a curva de retenção de água no solo, determinou-se a sua umidade e a lâmina de água a ser reposta. Na adubação de cobertura foram aplicados 1.000 kg/ha/ano da fórmula 20-05-20, fracionados em seis aplicações entre os meses de outubro a abril. Para estudar a influência das lâminas de água e das das doses agrosilício, foram avaliadas: a produção total de forragem (matéria verde e seca), a altura de plantas, a cobertura do solo, e a relação folha/colmo. Os dados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, $P<0,10$). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário), foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (2004), sendo considerados como efeitos fixos o agrosilício, a lâmina d'água e suas interações, e como efeitos aleatórios o bloco e o erro experimental. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o co-

mando LSMEANS. Para a tomada de decisão, foi considerado efeito significativo quando P≤0,05, e tendência quando 0,05 < P ≤0,10.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis produção de massa verde (PMV), produção de massa seca (PMS), cobertura e relação folha/colmo (RFC) não foram influenciadas pela fonte de agrosilício (P>0,05).

As variáveis PMV, PMS e RFC foram influenciadas apenas pela lâmina de água (P<0,05) (Tabela 1), não havendo interação dos fatores. Foram obtidos valores médios de 33,03 ± 2,96 t/ha e 7,03 ± 0,37 t/ha para as produções de massa verde e seca, respectivamente.

Para as variáveis cobertura e relação folha/colmo, foram observados valores de 56,8 ± 12,78% e 1,26 ± 0,02, respectivamente. Esses resultados evidenciam a ausência de efeito das fontes de agrosilício testadas sobre essas variáveis.

As produções de biomassa verde e seca (t/ha) foram influenciadas negativamente pela ausência de água de irrigação ($L_0$), embora não tenha sido observadas diferenças significativas entre os demais níveis de lâminas de água.

A RFC foi influenciada pela irrigação, mas não apresentou um padrão de resposta coerente, haja visto que seria esperado maior proporção de folhas com o aumento da disponibilidade de água.

Respostas semelhantes foram reportadas por Alencar (2007), trabalhando com seis gramíneas forrageiras tropicais (*B. brizantha*, cv's Xaraés e Marandu; *Panicum maximum*, cv's Mombaça e Tanzânia; *Pennisetum purpureum*, cv. Pioneiro e *Cynodon nlemfuensis*, cv Estrela-africana), submetidas à técnica de irrigação do *Line Source Sprinkler System* nas quatro estações do ano, para as características: produção de matéria verde e seca, e cobertura do solo.

A variável altura de plantas não foi influenciada pela fonte de agrosilício, mas houve efeito da lâmina de água e da interação. No desdobramento das interações (Tabela 2), não foram observadas diferenças das fontes dentro de cada nível de lâmina de água. No estudo das lâminas de água dentro de cada fonte de agrosilício, observou-se resposta diferente da altura à lâmina de água, em função da fonte. A adição de agrosilício promoveu aumento nas alturas até os níveis de água mais elevados, sendo observada queda para o último nível de lâmina de água ($L_5$) para o agrosilício As Plus, enquanto o As Mg não apresentou redução. A não aplicação do agrosilício, promoveu redução acentuada na altura a partir do quarto nível ($L_3$) da lâmina de água. Em pesquisa conduzida por Guimarães (2019), em vasos mantidos em casa de vegetação, avaliando o efeito do Agrosilício Plus (As Plus), comparado ao calcário dolomítico e do Agrosilício Mg (As Mg), em nove doses, não foram observadas diferenças estatísticas dos tratamentos sobre a produção de matéria seca do *Panicum maximum*, cv. BRS Zuri. Destaca-se ainda que o As Plus poderá substituir o calcário dolomítico na correção do solo e no fornecimento de cálcio e magnésio. Quanto ao As Mg, Guimarães (2019) destacou também que o mesmo tem potencial de uso como fertilizante multinutriente para o capim BRS Zuri.

## CONCLUSÕES

As fontes de agrosilício não influenciam as produções de massa verde e seca, a cobertura do solo e a relação folha/colmo.

As fontes de agrosilício promovem aumento nas alturas das plantas até os níveis mais elevados de lâmina de água.

As produções de biomassa verde e seca (t/ha) foram influenciadas negativamente pela ausência de irrigação.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a parceria Harsco Minerais LTDA, Embrapa Solos e Embrapa Gado de Leite, por viabilizarem a realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

Alencar CAB. Produção de seis gramíneas tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e adubação nitrogenada [dissertação doutorado]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2007. 127p

Bernardo S, Soares AA, Mantovani EC. Manual de irrigação. 8a ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Editora UFV; 2006. 625 p.

Guimarães MG. Efeito da aplicação de escória de siderurgia no desenvolvimento do capim BRS Zuri e nos atributos químicos do solo [dissertação mestrado]. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2019. 66p.

Nascimento M, Loureiro FEL. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral; CETEM/MCT; 2004. (Série Estudos e Documentos, 61). 66p.

Passos LP. Estado do conhecimento sobre a fisiologia do capim-elefante. In: Passos LP, Carvalho LA, Martins CE. Anais do II Simpósio sobre capim-elefante; 12-56 dez 1994. Coronel Pacheco/MG: Embrapa-CNPGL.

SAS Institute Inc. SAS/STAT 9.1 User's guide: SAS Institute Inc., Cary, NC; 2004.

Tabela 1 – Produções de matéria verde (PMV) e seca (PMS), cobertura e relação folha/colmo (RFC) de *B. brizantha* cv. Marandu em função das lâminas de água

| Lâmina de água | PMV t/ha | PMS t/ha | Cobertura % | RFC |
|---|---|---|---|---|
| L0 | 18,40 b | 4,59 b | 58,75 a | 1,31 a |
| L1 | 29,48 a | 6,62 a | 57,29 a | 1,30 a |
| L2 | 38,98 a | 7,78 a | 56,88 a | 1,24 ab |
| L3 | 35,15 a | 7,25 a | 57,71 a | 1,21 b |
| L4 | 39,75 a | 7,94 a | 54,38 a | 1,22 ab |
| L5 | 36,43 a | 7,96 a | 55,83 a | 1,26 ab |
| EPM | 2,78 | 0,49 | 2,52 | 0,02 |

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Tabela 2 – Altura das plantas de *B. brizantha* cv. Marandu em função da fonte de agrosilício e das lâminas de água

| Fonte | Lâmina de água | | | | | | EPM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| S AS | $37,5^{Ac}$ | $65,6^{Aab}$ | $76,3^{Aa}$ | $68,1^{Aab}$ | $64,4^{Aab}$ | $50,0^{Abc}$ | 5,3 |
| As Plus | $43,1^{Ac}$ | $63,1^{Abc}$ | $82,5^{Aab}$ | $81,9^{Aab}$ | $89,4^{Aa}$ | $70,0^{Aab}$ | |
| As Mg | $42,5^{Ab}$ | $55,6^{Aab}$ | $70,0^{Aa}$ | $68,1^{Aa}$ | $71,3^{Aa}$ | $66,3^{Aa}$ | |

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito de Fertilizantes à Base de Escórias de Siderurgia sobre a Tolerância do Capim Braquiária Submetida a Estresse Hídrico

Germana de Oliveira Carvalho[1]; Natália Fernandes Rodrigues[2]; Silvio Roberto de Lucena Tavares[3]; Guilherme Kangussu Donagemma[4]; Eliane de Paula Clemente[5]

[1]Estudante de Pós-Graduação, Universidade Federal Fluminense, Rua Degas, 400, Rio de Janeiro-RJ, CEP 2077158; [2]Estudante de Graduação; Universidade Federal Fluminense; [3][4][5]Pesquisador; Embrapa Solos.

## INTRODUÇÃO

As pastagens estão em extensas áreas de norte a sul do Brasil, e constituem a base da produção nacional de carne e leite. As práticas de manejo são imprescindíveis para o aumento da eficiência dos sistemas de produção, devendo ser adaptado a diferentes solos e climas.

Um fator relevante para a produção é conhecer o comportamento das plantas em condições de restrição hídrica, devido às estações do ano com menos precipitações e/ou a presença de veranicos nos meses mais chuvosos, de modo que o solo pode apresentar déficits hídricos em boa parte do ano, que segundo Gaur et al. (2020), afeta negativamente a fotossíntese, o transporte e armazenamento de nutrientes.

As espécies do tipo Braquiária, de acordo com Costa et al. (2006), são as mais utilizadas no Brasil devido à alta produção de matéria seca, resiliência, bom valor nutritivo e serem tolerantes à diversas condições ambientais.

Outro fator para melhorar a produção de forragem consiste na correção da acidez do solo, pois solos corrigidos e adequadamente manejados permitem aumento da produtividade. No Brasil, o material mais usado como corretivo de solo é o calcário. Contudo, de acordo com Deus e Büll (2013), o uso de silicatos de cálcio e magnésio, oriundos das escórias de siderurgia, vêm ganhando destaque, visto que as escórias de siderurgia, segundo Prezotti e Martins (2012), são produtos ricos em silicato de Cálcio ($CaSiO_3$) e silicato de Magnésio ($MgSiO_3$). Além de corrigir a acidez do solo, aplicar esses resíduos siderúrgicos na agricultura, fornecem esses nutrientes essenciais às culturas, diferentemente do calcário (PRADO et al., 2002).

A presença de silicatos nessas escórias também fornece boa quantidade de Si ao solo. Diversos trabalhos mostram o benefício que o silício proporciona às plantas, dentre eles, a redução do estresse vegetal em ambientes de restrição hídrica. Sendo assim, o presente trabalho avaliou a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, para verificar se a aplicação de Agrosilício Plus e Agrosilício Mg, produtos oriundos de escórias da siderurgia comercializados pela Empresa Harsco, podem contribuir para aumentar a tolerância ao estresse hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense -UFF, no município de Niterói/RJ (22°54'00"S; 43°08'00"W e alt.: 8 m), no período de 16 de Julho de 2019 a 10 de Fevereiro de 2020.

O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 4 dm3. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental apresentou um arranjo fatorial constituído por 6 tratamentos, 5 níveis irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo - CC) com 4 repetições, totalizando 120 unidades experimentais. Os tratamentos foram: Testemunha (TT), Calcário Dolomítico incorporado (CD), Agrosilício Mg incorporado (AMG), Calcário incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (CMG), Agrosilício Plus incorporado (AP) e Agrosilício Plus incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (APMG); e seguiram a análise do solo experimental e as doses recomendadas pelos fabricantes, conforme **Tabela 1 (anexo)**.

No estágio inicial do experimento foram realizadas irrigações considerando 70% da CC em todos os tratamentos, de modo a assegurar uniformidade de germinação e completo estabelecimento das forrageiras nos vasos. Ao final do primeiro ciclo (45 dias), as plantas foram cortadas numa altura de 10 cm, sendo, então, aplicadas as lâminas de irrigação diferenciadas, utilizando-se o sistema de pesagens de vasos, que se estendeu até o final da condução do experimento. Todos os tratamentos foram submetidos a 4 ciclos de 45 dias, sendo o primeiro desprezado, com cortes de material vegetal e análise dos macros e micronutrientes.

Visando a garantia do bom desenvolvimento da cultura, após a semeadura, todos os vasos receberam uma adubação adicional de solução nutritiva contendo N, P, K, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, segundo a recomendação de Furnali et al. (1999) modificado pela Embrapa Solos para esta cultura específica.

Ao final de cada ciclo foram coletados dados de Altura das Folhas e Massa seca aérea e de raízes. Toda a massa verde colhida nas amostras simuladas foi acondicionada em sacos de papel, devidamente identificada, e imediatamente pesada. Em seguida, as amostras foram colocadas para secar a 65 °C, em estufa com circulação forçada de ar, por um período de 72 horas ou até obter peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas, sendo encaminhadas para análises químicas da matéria seca.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, por serem variáveis qualitativas, foram submetidas ao teste de Tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade, através do software estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados de altura de folhas referentes aos tratamentos AP, APMG e CMG não apresentaram diferenças significativas, como também os tratamentos TT e AMG. Ressalta-se que foi utilizada metade da dose recomendada para correção do solo no tratamento AMG. O CD em relação à TT e ao AMG, obteve melhores resultados, conforme apresentado na **Figura 1**.

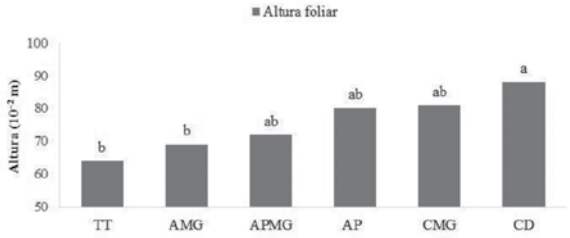



Figura 1. Média das Alturas de folhas dos ciclos

A Figura 2 apresenta a Matéria seca aérea e de raízes.

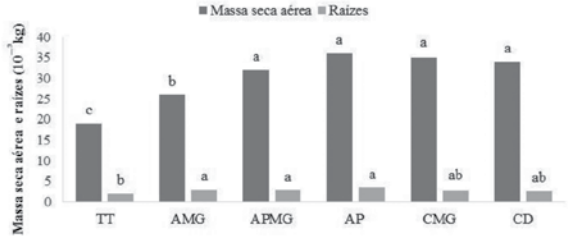



Figura 2. Somatório da matéria seca dos ciclos.

Em relação à Matéria seca aérea, os tratamentos AP, APMG, CMG e CD foram semelhantes. A TT e AMG foram diferentes entre si e entre os demais tratamentos, sendo os que apresentaram menores valores.

Para a massa seca das raízes, os tratamentos TT, CD e CMG não diferiram entre si, apresentando os menores resultados. Os APMG, AMG e AP também não se diferenciam, mas apresentaram valores maiores que os demais, em especial o AP. Já o CD e CMG tiveram resultados semelhantes.

A análise das lâminas de irrigação 100%, 80%, 60%, 40% e 20 % da CC para cada fisiologia analisada encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Lâminas de irrigação (L), Altura Foliar (AF), Massa Seca Aérea (MSA) e Massa Seca de Raízes (MSR).

| L | AF | MSA | MSR |
|---|---|---|---|
| % | $10^{-2}$m | ----------$10^{-3}$Kg---------- | |
| 100 | 80,14 ab | 32,44 b | 2,46 bc |
| 80 | 82,35 ab | 31,30 b | 2,12 c |
| 60 | 88,75 a | 36,90 a | 3,26 b |
| 40 | 72,55 b | 31,50 b | 4,11 a |
| 20 | 54,50 c | 19,38 c | 1,96 c |
| CV (%) | 23,53 | 16,08 | 36,23 |

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Verificou-se que, para Altura de Folhas, a lâmina de 20% da CC apresentou resultados menores, indicando que a *Brachiaria* cv. Marandu suportou à seca, porém com altura reduzida. O que difere do estudo de Mattos et al. (2005) que verificaram que o crescimento das folhas foi maior em déficit hídrico do que alagamento. No presente estudo, a altura de folhas das lâminas de 40%, 100% e 80% da CC não diferiram entre si, portanto o capim Marandu desenvolveu-se da mesma forma nestas condições. A melhor altura foi verificada na lâmina de 60% da CC.

Em relação à Matéria Seca Aérea, a lâmina de 60% da CC apresentou resultados satisfatórios, indicando que seria a melhor opção. Os piores valores foram encontrados na lâmina de 20% da CC, o que também foi verificado por Kroth et al. (2015), que observaram menor produção de massa seca em condições de déficit hídrico.

Para as Raízes, aferiu-se que a Braquiária apresentou menores valores na lâmina de 20% da CC. Segundo Mattos et al. (2005), este menor desenvolvimento de raízes pode estar associado a um mecanismo de defesa fisiológica vegetal visando tolerância à seca da gramínea.

Pezzopani et al. (2015) também verificaram que, em condições de estresse hídrico, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou menores valores de matéria seca aérea e de raízes, o que comprova da importância do manejo agronômico refinado para mitigar os efeitos negativos dos estresses ambientais nas forrageiras tropicais e consequentemente aumentar a produção de massa aérea vegetal para maior capacidade de pastejo.

## CONCLUSÕES

A B. Brizantha mostrou-se tolerante ao déficit hídrico sob diferentes níveis de irrigação, quando utilizado fertilizantes à base de escória, apresentando melhor desempenho na lâmina intermediária.

Aplicação de escórias provenientes de resíduos siderúrgicos para estes parâmetros analisados não diferiu estatisticamente quanto ao uso de Calcário Dolomítico.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores expressam seu agradecimento à Embrapa, à HARSCO e à Universidade Federal Fluminense que proporcionaram a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; FAQUIN, V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do cerrado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

DEUS, A. C. F. e BÜLL, L. T. Eficiência de escórias de siderurgia na cultura do feijoeiro em sistema de semeadura direta. Ciência Rural, v. 43, n. 10, p. 1783-1789, 2013.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; Informação Tecnológica, 353 p., 2013.

FURLANI PR; SILVEIRA LCP; BOLONHEZI D; FAQUIN V. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC. 52p. (Boletim Técnico, 180).

GAUR, S.; KUMAR, J.; KUMAR, D.; CHAUHAN, D. K.; PRASAD, S. M.; SRIVASTAVA, P. K. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 202, 2020.

KROTH, B. E.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A. da; KOETZ, M.; SCHLICHTING, A. F. Cultivares de Brachiaria brizantha sob diferentes disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 5, p. 464-469, 2015.

MATTOS, J. L. S. de; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de Espécies de Brachiaria sob Déficit Hídrico e Alagamento a Campo. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 34, p. 755-764, 2005.

PEZZOPANE, C. de G.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. da; ALTOÉ, J.; RIBEIRO, F. A.; VALLE, C. B. do. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de Brachiaria brizantha. Ciência Rural, v. 45, n. 5, p. 871-876, 2015.

PRADO, R. de M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo de alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, p. 539-546, 2002.

PREZOTTI, L. C. e MARTINS, A. G. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de- açúcar. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 59, p. 530-536, 2012.

Software SISVAR. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/en/softwares/sisvar_en.html> Acesso em 01 de Setembro. 2020.

**Tabela 1.** Dose dos Tratamentos recomendada pelo fabricante.

| Tratamento | Calcário | AgroSilício Plus | AgroSilício Mg |
|---|---|---|---|
| | ----------Mg.ha$^{-1}$---------- | | |
| TT | - | - | - |
| AMG incorporado | - | - | 1 |
| CD incorporado | 2,31 | - | - |
| CD incorp. + MG cob. | 2,31 | - | 1 |
| AP incorporado | - | 2,18 | - |
| AP incorp. + MG cob. | - | 2,18 | 1 |

Fonte: Os autores.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito de Insumos Foliares nos Parâmetros de Produtividade da Cultura da Soja (*Glycine max*)

Bruna Larissa Feix[1]; Carlos Alberto Casali[2]; Thainara Wrzesinski Iesbik[3]; André Ferreira[4], Graciele Ferreira da Rosa[5]

[1],[3]Estudante, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Estrada para Boa Esperança, km 04 - Comunidade São Cristóvão - CEP 85660-000 - Dois Vizinhos - PR,brunalarissafeix@hotmail.com; Thai.iesbik@outlook.com; [2]Professor; Universidade Tecnológica Federal do Paraná; [3]Estudante; Universidade Tecnológica Federal do Paraná; [5]Estudante; Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja (Glycine max) tem grande importância no contexto agrícola de produção brasileira e mundial. Sendo a cultura agrícola que mais cresceu no Brasil nos últimos 40 anos, correspondendo hoje por cerca de 20% das exportações do país e mesmo com uma grande demanda no mercado interno pelo produto e seus derivados, o Brasil é o maior exportador e produtor do grão, tendo um record de 124,8 milhões de toneladas (safra 2019/2020), tornando-se muito importante para a Economia brasileira, representando 1,7 % do PIB (Produto Interno Bruto) em 2019, gerando Cerca de 1,4 milhões de empregos (CONAB, 2019). O Brasil possui 87,5% de sua área plantada de soja, sendo os maior produtores Mato Grosso(MT) com 602,2 mil hec plantados seguido pelo Paraná (PR) com 206,3 mil hectares (CONAB, 2020) O aumento da soja brasileira está relacionada ao uso de cultivares com maior potencial produtivo, melhor qualidade na semeadura das lavouras e adequada nutrição vegetal, seja com fertilizantes aplicados ao solo ou via foliar. Uma das formas de aumentar a produtividade é através da tecnologia. A tecnologia empregada na agricultura é definida por Araújo (2007, p. 95), como: "um conjunto de técnicas Desenvolvidas ou adaptadas, necessárias para definir e conduzir eficientemente o processo de produção agroindustrial". Então, algum processo ou técnica nova que venha a melhorar a produtividade da soja pode ser definida como uma nova tecnologia.

De acordo com Malavolta (2006), existem 17 elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Os nutrientes são classificados em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com a quantidade exigida e extraída pela planta. Porém a maior dificuldade está relacionada aos nutrientes de baixa mobilidade no tecido vegetal (POZZEBON, et al. 2018; MALAVOLTA et al., 2006). O uso da adubação foliar e parcelada dos nutrientes pode ser uma alternativa viável para amenizar o problema de deficiência nutricional ao longo do desenvolvimento da cultura. O parcelamento da adubação possibilita a aplicação dos nutrientes em estádios de maior demanda (BEVILAQUA et al., 2002). A adubação foliar é uma prática que tem ganhado espaço na atualidade, principalmente em cultivares de soja com maior potencial produtivo e com ciclos

mais curtos, o que faz com que o fornecimento de nutriente por meio do solo não atenda toda a demanda da planta. De acordo com BORKET (1987), os fundamentos científicos que suportam adubação foliar baseiam-se no fato de que, do início do estádio reprodutivo até a maturação, ou seja, da floração em diante, a atividade radicular e a absorção diminuem, ao mesmo tempo em que há grande translocação de nutrientes das folhas para as sementes em formação. A adubação foliar não pode ser considerada substituta da adubação, que envolve a absorção dos nutrientes pelas raízes, já que as quantidades normalmente envolvidas na produção de um cultivo são muito superiores às quantidades de nutrientes que poderiam ser absorvidas pelas folhas. Em um experimento de alunos da FAG Cascavel-PR foi utilizado a adubação foliar. As médias de produtividade obtidas no experimento foram em torno de 3724,8 kg $h^{-1}$, nota-se que estas se encontram acima da média estadual de produtividade de soja na do estado do Paraná na safra 2015/2016, onde segundo a CONAB foi de 3142 kg $ha^{-1}$. Esta produtividade é considerada satisfatória para a região, isso se deu, principalmente, pelo clima favorável às necessidades da cultura naquele ano agrícola. Além disso, ao grande nível tecnológico empregado na propriedade, onde se empregam técnicas como rotação de culturas, manejo e conservação do solo, manejo integrado de pragas, tratamentos fitossanitários de doenças, além de máquinas bem conservadas e reguladas e operadores bem instruídos. Considerando o exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros de produtividade da soja sobre o uso de diferentes fertilizantes foliares.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, campus de Dois Vizinhos/ PR, (25°41'37" S; 53°06'07" W com altitude 504 m), sobre um Nitossolo vermelho manejo há 20 anos sob SPD.

O experimento foi montado com mega parcelas de 6 m x 80 m que foram subdivididas em quatro subparcelas de 6 m x 10 m que foram avaliadas como repetições, sob delineamento inteiramente casualizados. Os Tratamentos avaliados consistiram na aplicação dos insumos foliares Impulse com composição de Mo:10%; N:3%; Co:1%; Zn:1%; S:1%; COT:6%. Smax a base de enxofre a 50% e extrato de xisto, Guardian composto por Cobre 20%; Smax + Guardian e Controle, a aplicação aérea foi realizada quando a cultura se encontra no estágio V5.

A cultivar de soja utilizada foi a BMX lança, de ciclo precoce, semeada no dia 18 de novembro de 2019, com densidade de 11 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 45cm. A adubação mineral foi na dose de 80 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ e $K_2O$. Foi realizado durante todo o ciclo da cultura conforme prescrição em bula o controle de plantas daninhas, pragas e doenças com o uso de defensivos recomendado a cultura.

Foram avaliados a altura de plantas (cm) e os componentes de produtividade número de vagem por planta, Número de grão por vagem, Massa de 1000 grãos (g) e a Produtividade (Kg $ha^{-1}$). Para o componente Altura de plantas, realizou-se a medição de 10 plantas por parcela de maneira aleatória. Já a avaliação dos componentes de produtividade foi realizada manualmente a coleta dede 5 linhas de 2 metros lineares, que foram encaminhadas para o laboratório, onde realizou-se a contagem do Número de vagem por planta, Número de grão por vagem e para o Peso de 1000 grãos, bem como calculada a produtividade de grãos. Os dados foram analisados pelo programa SASMAgri estes foram submetidos a análise de variância, as médias foram

comparadas através do teste de Scott Knott com 5% de probabilidade (P<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os insumos foliares aplicados elevaram a altura das plantas, apresentando valores variando de 73,3 a 77,0 cm, comparativamente ao tratamento controle, , que apresentou 66,7cm (Tabela 1).

O Nº vagem por planta e a massa de 100 grãos foram maior com aplicação de Impulse e Smax comparativamente aos tratamentos Guardian, Smax+Guardian e Controle (Tabela 1). A. Estudo realizado por (SOUZA, 2008) apresentou que quando houve a aplicação foliar estes proporcionaram um aumento significativo no número de vagem por planta, porém dependendo da cultivar estes foram diferentes. Por outro lado, o Nº grão por vagem não foi afetado significativamente pelos tratamentos.

Macedo et al. (2002) em experimento realizado comparando produtos associados ou não em doses e em distintas épocas de aplicação, concluíram que estes não afetaram na produção da soja.

O componente Produtividade o qual pode-se dizer que é o principal componente apresentou diferença significativa entre os tratamentos Impulse, Smax e Guardian (3146, 3255 e 3099 kg $ha^{-1}$) para com os tratamentos, Smax+Guardian e Controle (2603 e 2626 kg ha-1). De acordo com estudo realizado por SFREDO (2008) a adubação foliar a base de enxofre na cultura da soja que apresentou produtividade de 3.115 kg $ha^{-1}$ SILVA (2000), concluiu que quando a aplicação de um produto a base de Mn via foliar for realizada em V4 na cultura da soja, os resultados obtidos quando comparados com a aplicação deste mesmo nutriente no solo, mostram que a adubação via foliar se torna mais eficiente resultando em uma maior produção final.

Tabela 1. Componentes de rendimento e produtividade da soja, cultivar brasmax lança, sob uso de insumos foliares da microxisto aplicados em estádio V5. Dois Vizinhos, 2020.

| Componente | Impulse | Smax | Guardian |
|---|---|---|---|
| Altura de Planta (cm) | 72,5A | 74,3 a | 77,0 a |
| N° vagem por planta | 72,7A | 62,3 a | 55,7 b |
| **Componente** | **Smax + Guardian** | **Controle** | **CV %** |
| Altura de Planta (cm) | 73,3 a | 66,7 b | 3,89 |
| N° vagem por planta | 48,0 b | 47,5 b | 9,77 |
| N° grão por vagem | 2,0 ns | 2,0 | 2,0 |
| Massa de 1000 grãos(g) | 138,3 a | 146,3 A | 130,3 b |
| Produtividade (kg $ha^{-1}$) | 3146 a | 3255 A | 3099 a |
| N° grão por vagem | 2,0 | 1,8 | 7,26 |
| Massa de 1000 grãos (g) | 131,5 b | 125,5 b | 3,82 |
| Produtividade (kg $ha^{-1}$) | 2603 b | 2626 b | 7,69 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a aplicação dos insumos foliares Impulse, Smax e Guardian em V5 aumentam a produtividade da cultura da soja, contudo a associação de Smax e Guardian não tem esse feito positivo.

## REFERÊNCIAS

BORKERT, C. M.; SFREDO, J.G.; MISSIO, S.L. S Soja: adubação foliar. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1ª ed, 34 p. (Documentos, 22), 1987.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. Manual de adubação foliar. São Paulo: Libreira e Editora Herba, 1975. 258p.

SILVA, M.M. Fontes de manganês aplicadas na cultura da soja, cultivada em solo de cerrado. Piracicaba, 2000. 172p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.

MACEDO, F.B.; TEIXEIRA, N.T.; LIMA, A.de M.; BERNARDES, C.R.; FREITAS, D.J.B. de; OLIVEIRA, R.F. Boro no plantio e cálcio e boro em adubação foliar na produção da soja. Ecossistema, v. 27, n. 1,2 jan.- dez. 2002.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. São Paulo: Ícone, p.65. 1994.

SFREDO, J.G. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148 p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.305).

SOUZA, C.D.S. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizantes mineral foliar a base de cálcio e boro. Revista de biologia e ciência da terra, Paraíba, V.8, N.2, pp. 37-44, 2008.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeitos da Aplicação de Calcário e Potássio no Estado Nutricional e Produção de Videiras *Chardonnay*

Adriele Tassinari[1]; Lincon Oliveira Stefanello[2]; Marlise Nara Ciotta[3]; Jean Michel Moura Bueno[4]; Rodrigo Otávio Schneider Souza[5]; Gustavo Brunetto[6]

[1] Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, n° 1000, Santa Maria-RS, CEP: 97105-900, E-mail: tassinaridrica@gmail.com; [2] Doutorando do PPGCS/UFSM; [3] Pesquisadora da Epagri-Lages; [4] Pós-Doutorando do PPGCS/UFSM; [5] Engenheiro Florestal UFSM; [6] Professor do Departamento de Solos (UFSM).

## INTRODUÇÃO

A viticultura é uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica, sendo a uva, produzida em todo o Mundo (FAO, 2019). O cultivo da videira ocorre em vários tipos de solo, com os mais distintos teores de elementos e condições de fertilidade. Em solos ácidos, como os que ocorrem em grande parte do território brasileiro, a correção da acidez do solo é fundamental para produção agrícola. A partir do aumento do pH, e do incremento nas concentrações de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), ocorre por consequência, um aumento dos valores de soma de bases e capacidade de troca de cátions (CTC). Somado a isso, a faixa adequada de pH, 5,5 a 6,0, também favorece a diminuição do Alumínio trivalente ($Al^{+3}$) na solução do solo, o qual é tóxico às plantas, resultando em menores valores de saturação por Alumínio. Além disso, normalmente os solos brasileiros não possuem os teores adequados de Potássio (K) para suprir a demanda das videiras, sendo necessária a aplicação de fertilizantes potássicos. Porém, caso as aplicações de K em vinhedos sejam frequentes, e em maiores quantidades que as exportadas pela uva, ou cicladas pelas plantas de cobertura, haverá um aumento dos teores de K no solo. Desta forma, a absorção de outros cátions na rizosfera poderá ser afetada, como o Mg. Isso poderá ocorrer devido a afinidade de transportadores, concentração dos elementos na solução, e outros mecanismos ainda em estudo na fisiologia vegetal (BRUNETTO et al., 2007; CIOTTA et al., 2016).

Caso isso ocorra, poderá ser observada sintomatologia de deficiência de Mg em folhas. Além disso, em casos extremos, poderá ocorrer o dessecamento da ráquis dos cachos de uva, afetando negativamente a produção de uva. Assim, estratégias de manejo, como aplicação de doses de K mais balanceadas, em consonância a tipos de calcário que permitam adequados teores de Ca e Mg em solo e folhas buscando a máxima produção de uva, são necessárias. O estudo objetivou avaliar o estado nutricional e a produtividade de videiras *Chardonnay*, submetidas à aplicação de doses de K e tipos de calcários no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Tratamentos

Em 2011, em um solo Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2018), sob campo natural, em Santana do Livramento, Rio Grande do Sul (RS) foram instalados dois experimentos. O experimento 1 compreendeu a aplicação de calcário calcítico (CC) e o 2 de calcário dolomítico (CD). Em cada experimento foram aplicadas doses de K (0, 60, 120 e 180 kg $K_2O$ $ha^{-1}$ $ano^{-1}$). Os tipos de calcário e as doses de K foram aplicados sobre o solo e, em seguida, incorporados até 20 cm de profundidade. Os calcários foram aplicados a fim de elevar o pH em água a 6,0. As doses de K foram aplicadas anualmente, sobre a superfície do solo, sem incorporação.

Após, as videiras *Chardonnay* foram transplantadas. O espaçamento entre plantas foi de 1,0 m e entrelinhas de 2,5 m. O sistema de condução foi espaldeira. A fonte de K utilizada foi KCl (60% de $K_2O$). Após 12 meses das aplicações o solo do experimento 1 (CC) apresentava na camada de 0-20 cm, 56,7 $cmol_c$ $kg^{-1}$ de Ca e 4,0 $cmol_c$ $kg^{-1}$ de Mg, e o 2 (CD), estava com 44,8 $cmol_c$ $kg^{-1}$ de Ca e 22,5 $cmol_c$ $kg^{-1}$ de Mg.

O delineamento experimental em ambos estudos foi blocos ao acaso, com três repetições.

Cada repetição foi formada por dez plantas.

### Avaliações

Folhas completas, opostas ao cacho foram coletadas durante o florescimento e mudança de cor nas bagas (veraison). As folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar à 65ºC, até massa constante e, em seguida, foram moídas em moinho do tipo Willey. Posteriormente, realizouse digestão sulfúrica para determinação dos teores totais de Ca, Mg e K (TEDESCO et al., 1995). O K foi quantificado em fotômetro de chama (Digimed, BM-62, Brasil). Ca e Mg foram quantificados em Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA) (PerkinElmer, AAnalyst 200, EUA).

Durante a colheita os cachos foram contados e pesados para determinar a produção de uva por planta e calcular a produtividade. Estas avaliações foram realizadas durante duas safras, 2017/2018 e 2018/2019.

### Análises estatísticas

Caso isso ocorra, poderá ser observada sintomatologia de deficiência de Mg em folhas. Além disso, em casos extremos, poderá ocorrer o dessecamento da ráquis dos cachos de uva, afetando negativamente a produção de uva. Assim, estratégias de manejo, como aplicação de doses de K mais balanceadas, em consonância a tipos de calcário que permitam adequados teores de Ca e Mg em solo e folhas buscando a máxima produção de uva, são necessárias. O estudo objetivou avaliar o estado nutricional e a produtividade de videiras *Chardonnay,* submetidas à aplicação de doses de K e tipos de calcários no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2017/18, os teores de Ca e Mg em folhas no florescimento diminuíram com o aumento da dose de K no solo em ambos tipos de calcário (**Tabela 1**). Os maiores teores de K em folhas foram observados nas videiras submetidas à 180 kg $K_2O$ $ha^{-1}$ no solo, em CC e CD. A diminuição do teor de Mg em folhas pode ter acontecido por causa do antagonismo entre K e Mg (TOUMI et al., 2016). Na safra 2018/19, os maiores teores de Ca e Mg em folhas no florescimento foram observados nas plantas cultivadas no solo com CC, submetidas à aplicação de 120 kg $K_2O$ $ha^{-1}$. Os teores de K em folhas coletadas no florescimento e veraison, na safra 2018/19 não diferiram estatisticamente. (**Tabela 1**). Os maiores valores de Ca e Mg no florescimento em relação a

veraison, pode ter ocorrido porque neste estágio fenológico há uma intensa divisão celular, e as folhas tornam-se dreno de nutrientes nas plantas (TAGLIAVINI e SCANDELLARI, 2013).

Na safra 2017/18, a produtividade das videiras diminuiu com o aumento das doses de K, no solo com aplicações de CC e CD (**Tabela 2**). Isso pode ser atribuído em parte ao excesso de K no solo, o que pode reduzir os teores de Mg em folhas, provocando a redução da taxa fotossintética, já que o Mg faz parte da molécula de clorofila (TOUMI et al., 2016). Por outro lado, na safra 2018/19, se observou redução da produtividade com o aumento da dose de K apenas no solo com aplicação de CC (**Tabela 2**).

## CONCLUSÕES

A aplicação de K no solo combinado com CC e CD proporcionou maior absorção de K pelas videiras, diagnosticado pela maior concentração de K em folhas.

A aplicação de elevadas doses de K no solo afetou negativamente a produtividade das videiras *Chardonnay*.

**AGRADECIMENTOS:** Capes, CNPq, FAPERGS, Família Salton.

## REFERÊNCIAS

Brunetto G, Ceretta CA, Kaminski J, Melo GWB, Lourenzi CR, Furlanetto V, Moraes A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. Cien Rural. 2007;37:389 –393.

Ciotta MN, Ceretta CA, Silva LOS, Ferreira PAA, Sautter CK, Couto RR, Brunetto G. Grape yield, and must compounds of 'Cabernet Sauvignon' grapevine in sandy soil with potassium contents increasing. Cien Rural.2016;46:1376–1383.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.].– 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p. ISBN 978-85-7035-800-4

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Databases. Agriculture, 2019.

Tagliavini M, Scandellari, F. Methodologics and Concepts in the Study of nutrient Uptake Requirements and Partitioning in Fruit Trees. Acta Hort. ISHS. 2013, 984.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Toumi M, Nedjiimi B, Halitim A, Garcia M. Effects of K_Mg ratio on growth and cation nutrition of Vitis vinifera L. Cv. "Dattier de beiruth" grafted on S04 rootstock. J Plant Nutr. 2016; 39(07):904-911.

**Tabela 1.** Teores de nutrientes em folhas de videiras

*Chardonnay,* submetidas à aplicação de doses de K, calcários calcítico e dolomítico durante as safras 2017/18 e 2018/19.

| Parâmetros | Dose (kg $K_2O$ $ha^{-1}$) | | | | Equação | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| **----------Calcário Calcítico 2017/2018----------** | | | | | | |
| K florescimento (g $kg^{-1}$) | 18,6 | 19,3 | 23,1 | 19,8 | ns | |
| Ca florescimento (g $kg^{-1}$) | 3,8 | 3,9 | 3,4 | 3,2 | $y= - 0,006x^2 + 0,001x + 0,379$ | 0,85 |
| Mg florescimento (g $kg^{-1}$) | 1,7 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | $y= - 0,0006x^2 - 0,0012x + 0,168$ | 0,98 |
| K veraison (g $kg^{-1}$) | 19,1 | 21,0 | 21,1 | 23,4 | $y= - 0,0006x^2 + 0,0016x + 1,93$ | 0,92 |
| Ca veraison (g $kg^{-1}$) | 8,9 | 6,9 | 6,1 | 5,6 | $y= - 0,0005x^2 + 0,0035x + 0,88$ | 0,99 |
| Mg veraison (g $kg^{-1}$) | 4,1 | 4,1 | 3,6 | 4,4 | ns | |
| **----------Calcário Dolomítico 2017/2018----------** | | | | | | |
| K florescimento (g $kg^{-1}$) | 17,6 | 19,3 | 18,7 | 19,5 | $y= - 0,0006x^2 + 0,0019x + 1,78$ | 0,71 |
| Ca florescimento (g $kg^{-1}$) | 5,7 | 5,7 | 5,3 | 3,8 | $y= - 0,05x^2 + 0,0008x + 0,57 + 0,0008x - 0,05x^2$ | 0,98 |
| Mg florescimento (g $kg^{-1}$) | 1,4 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | $y= - 0,005x^2 + 0,00005x + 0,14$ | 0,93 |
| K veraison (g $kg^{-1}$) | 18,3 | 19,4 | 20,3 | 21,7 | $y= - 0,0006x^2 + 0,0015x + 1,84$ | 0,99 |
| Ca veraison (g $kg^{-1}$) | 8,3 | 6,9 | 7,2 | 7,9 | ns | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mg veraison (g kg$^{-1}$) | | 4,3 | 3,6 | 4,1 | 3,3 | ns |
| **----------Calcário Calcítico 2018/2019----------** | | | | | | |
| K florescimento (g kg$^{-1}$) | 14,0 | 12, 8 | 14,0 | 13,6 | ns | |
| Ca florescimento (g kg$^{-1}$) | 11,6 | 12,0 | 13,0 | 12,0 | $y= - 0,41x^3 + 2,78x^2 - 5,00x + 14,22$ | 1,00 |
| Mg florescimento (g kg$^{-1}$) | 3,3 | 2,8 | 3,7 | 3,2 | $y= - 0,46x^3 + 3,44x^2 - 7,62x + 7,95$ | 1,00 |
| K veraison (g kg$^{-1}$) | 18,2 | 21,1 | 18,3 | 20,8 | ns | |
| Ca veraison (g kg$^{-1}$) | 13,4 | 12,6 | 13,1 | 13,1 | ns | |
| Mg veraison (g kg$^{-1}$) | 4,2 | 3,7 | 4,5 | 3,5 | $y= - 0,55x^3 + 3,98x^2 - 8,63x + 9,39$ | 1,00 |
| **----------Calcário Dolomítico 2018/2019----------** | | | | | | |
| K florescimento (g kg$^{-1}$) | 13,1 | 12,4 | 12,9 | 12,2 | ns | |
| Ca florescimento (g kg$^{-1}$) | 11,7 | 13,3 | 13,1 | 14,4 | ns | |
| Mg florescimento (g kg$^{-1}$) | 3,6 | 3,6 | 3,9 | 4,1 | ns | |
| K veraison (g kg$^{-1}$) | 18,6 | 17,4 | 20,5 | 16,8 | $y= - 1,86x^3 + 13,33x^2 - 28,18x + 35,29$ | 1,00 |
| Ca veraison (g kg$^{-1}$) | 12,4 | 12,3 | 13,5 | 13,5 | ns | |
| Mg veraison (g kg$^{-1}$) | 4,3 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | $y= 0,21x + 4,14$ | 0,96 |

ns = não significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Produtividade (Mg ha$^{-1}$) de videiras *Chardonnay,* submetidas a aplicação de doses de K, calcários calcítico e dolomítico durante as safras 2017/18 e 2018/19.

| **Parâmetros** | **Dose (kg $K_2O$ ha$^{-1}$)** | | | | **Equação** | **$R^2$** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **60** | **120** | **180** | | |
| **----------Calcário Calcítico 2017/2018----------** | | | | | | |
| Produtividade (Mg ha$^{-1}$) | 1,96 | 1,99 | 1,81 | 1,57 | $y= - 0,005x^2 + 0,0011x + 1,97$ | 0,99 |
| **----------Calcário Dolomítico 2017/2018----------** | | | | | | |
| Produtividade (Mg ha$^{-1}$) | 2,24 | 2,57 | 2,29 | 1,95 | $y= - 0,0005x^2 + 0,0064x + 2,27$ | 0,92 |
| **----------Calcário Calcítico 2018/2019----------** | | | | | | |
| Produtividade (Mg ha$^{-1}$) | 8,09 | 8,35 | 6,14 | 6,02 | $y= - 0,84x + 9,26$ | |
| **----------Calcário Dolomítico 2018/2019----------** | | | | | | |
| Produtividade (Mg ha$^{-1}$) | 10,32 | 8,04 | 7,88 | 9,59 | ns | |

ns = não significativo a 5% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Eficiência agronômica da cama de aves na produção de matéria seca e proteína bruta de Tifton 85

Douglas Antonio Rogeri[1]; Alcione Miotto[2]; Adinor José Capelesso[2]; André Becker[3]; Rodrigo Macena de Oliveira[3]

[1]Docente do curso de agronomia do Instituto Federal de Santa Catarina. Rua 22 de abril, 2440. São Miguel do Oeste - SC, CEP - 89900-000, e-mail: douglas.rogeri@ifsc.edu.br; [2]Docente do curso de agronomia do Instituto Federal de Santa Catarina; [3]Acadêmico do curso de agronomia do Instituto Federal de Santa Catarina.

## INTRODUÇÃO

A pecuária de leite e a avicultura são importantes atividades econômicas para região Oeste de Santa Catarina, as quais são praticadas conjuntamente em muitas propriedades que empregam mão de obra familiar (J OCHIMS; SILVA, 2019). A produção anual Catarinense de frangos de corte é de aproximadamente 840 milhões de animais, em que 80% provém da região Oeste (EPAGRI, 2020). Em decorrência da intensa atividade, estima-se que a produção anual de cama de aves no Estado seja na ordem de 1,6 Mt. Esse resíduo quando aplicado de modo racional ao solo é excelente fertilizante e proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (RAUBER et al. 2018). Todavia, em função da limitação de áreas para aplicação, as quais normalmente são de relevo acidentado, não raramente os resíduos são aplicados em doses superiores à capacidade de retenção do solo, o que pode acarretar em problemas ambientais (SIGUA et al., 2010; PARENTE et al., 2019).

A produção de leite demanda, tanto em sistemas a pasto como em confinamento, a oferta de forragem de qualidade. O Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é uma das forrageiras mais utilizadas no Sul do Brasil, tanto para pastejo como fenação. Isso se deve ao seu elevado potencial produtivo, alto valor nutricional e morfologia adequada (COLUSSI et al. 2014). As áreas destinadas à produção de feno exigem adubação diferenciada, uma vez que toda produção de forragem é exportada da área, diferentemente de uma situação de pastejo em que parte dos nutrientes retornam por meio das fezes dos animais. A adubação com cama de aves pode ser uma fonte potencialmente mais econômica para suprir os nutrientes requeridos pelas pastagens. Entretanto, há demanda por pesquisas que orientem os produtores em relação à doses, frequência de aplicação e viabilidade econômica do uso de cama de aves em substituição ou em aplicação combinada com fertilizantes minerais. A ausência de pesquisa e de orientação faz com que muitos produtores apliquem os resíduos indistintamente ao solo.

O Brasil depende de importações para suprir grande parte de sua necessidade de fertilizantes minerais (ANDA, 2020), o que torna o suprimento e o preço dos produtos vulneráveis a fatores externos. Com a desvalorização do real frente ao dólar, cresce a necessidade de utilizar

de forma mais eficiente a fontes minerais, bem como buscar fontes alternativas de adubação. O uso de cama de aves nas regiões adjacentes aos centros produtores pode ser uma interessante forma de reduzir os custos de produção, maximizar o lucro do produtor e tornar as atividades agrícolas viáveis economicamente. Todavia, diferentemente dos fertilizantes minerais, a quantidade de nutrientes da cama de aves é variável, o que dificulta a utilização de referenciais para a recomendação, além da disponibilidade dos nutrientes ser dependente de condições edafoclimáticas e de características intrínsecas do resíduo (ROGERI et al. 2016). Por isso, é de grande importância que o agricultor tenha noção da composição do resíduo, da equivalência agronômica em relação a fontes minerais, assim como do preço que pode ser pago pela tonelada (t) de cama de em substituição aos fertilizantes minerais. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência agronômica do uso de cama de aves sobre a produção de matéria seca e proteína bruta de feno de Tifton 85.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental do IFSC – Câmpus São Miguel do Oeste, no ano de 2018, sob um Nitossolo Vermelho com 550 g $kg^{-1}$ de argila, pH, fósforo (P) e potássio (K) corrigidos (CQFS RS/ SC 2016).

Os tratamentos foram definidos em função da expectativa de rendimento da cultura (CQFS-RS/SC, 2016), cuja referência foi a dose de N necessária para produzir 20 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de massa seca (MS) de forragem. As doses de cama de aves foram calculadas de modo a suprir 0, 50, 100, 150 e 200% da necessidade de N da cultura, cujas doses aplicadas de N foram 0 (testemunha), 210 (CA210), 420 (CA420), 630 (CA630) e 840 (CA840) kg $ha^{-1}$ de N. Para suprir essas doses de N foram aplicadas 0, 6,2, 12,4, 18,5 e 24,8 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de cama de aves na base seca, respectivamente. Adicionalmente, também foram acrescidos dois tratamentos com fertilizantes minerais, os quais aplicaram ao solo 100% da demanda de N da cultura para produção de 20 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de MS. Um deles, denominado mineral 420 (MI420), aplicou na forma mineral, além do N, as mesmas quantidades de P e K fornecidas ao solo pelo tratamento CA420. O outro, organomineral (OM420), aplicou de modo combinado de (cama de aves + fertilizantes minerais) a recomendação técnica de N, P e K da cultura para produção de 20 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de MS (CQFS-RS/SC, 2016). Esse tratamento foi calculado levando em consideração a dose de cama para atingir o nível de suficiência de um nutriente, no caso deste estudo o P, sendo os demais supridos com adubação mineral (ureia e cloreto de potássio). Para os tratamentos que receberam fertilizantes minerais foram usados como fonte de N, P e K a ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. A fonte de adubação orgânica foi cama de aves de corte de 12 lotes que apresentava 3,4% de N, 3,21% de $P_2O_5$ e 2,64% de $K_2O$.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais com dimensões de 22,05 $m^2$ (4,20 x 5,25 m). Os tratamentos foram distribuídos ao solo de modo fracionado, cuja dose anual foi aplicada em três vezes, 1/3 no início da primavera e 1/3 após cada dois cortes.

Os cortes da Tifton foram feitos sempre que ao menos um tratamento atingisse a altura média de 30 cm. Quando essa medida era atingida, todos os tratamentos eram cortados. O corte foi feito com segadeira motorizada a altura de 7 cm, em área útil de 2,0 $m^2$ de cada parcela. Em cada amostra foram analisadas a massa seca e o teor de proteína bruta (PB) (somente primeiro ano) conforme descrito por Tedesco et al., 1995. Neste estudo os resultados de dois anos de avaliação em que foram feitos 12 cortes.

Os dados de foram submetidos à análise de variância, e quando os efeitos foram significativos equações de regressão foram ajustadas. Para os tratamentos MI420 e OM420 foram determinadas a eficiência agronômica relativa (EAR) e a equivalência agronômica (EA) (VAN RAIJ, 2011) em relação à cama de aves.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de MS de Tifton 85 aumentou linearmente com as doses de cama de aves aplicadas (Figura 1). Na média dos dois anos avaliados a produção de MS aumentou de aproximadamente 6,5 para 29,5 Mg ha$^{-1}$ ano$^{-1}$ para o tratamento testemunha e CA840, respectivamente. O incremento de MS de Tifton 85 foi em torno de 27 kg ha -1 de feno para cada kg de N aplicado por meio da cama de aves. Os resultados mostram que até as doses avaliadas (840 kg ha$^{-1}$ ano$^{-1}$ de N) não houve estabilização da produção da forrageira, demonstrando a grande responsividade da cultura em relação a nutrição, principalmente ao N. Todavia, neste estudo não se pode inferir que a resposta seja unicamente devido ao N, uma vez que quando se aplica cama de aves ao solo se aporta grande quantidade de outros nutrientes, bem como também existem os benefícios físicos e biológicos proporcionados pelo uso do resíduo (VAN RAIJ, 2011).

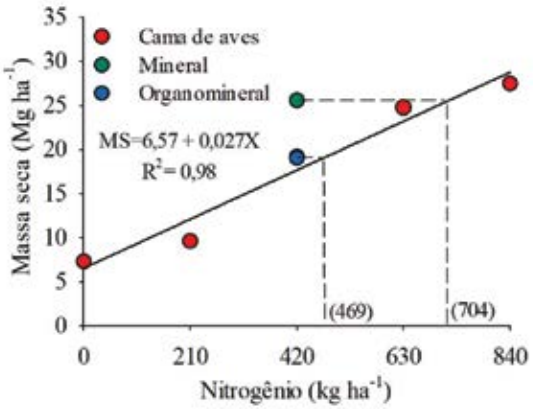



**Figura 1.** Rendimento de massa seca de Tifton 85 (média de dois anos) em função de doses de N, supridas por meio de cama de aves, uréia (mineral) e cama de aves + ureia (organomineral). Os valores entre parênteses, ao lado das linhas tracejadas, indicam a equivalência agronômica dos tratamentos com fonte mineral e organomineral em cama de aves.

Utilizando os tratamentos com 420 kg ha$^{-1}$ de N aplicado para calcular EAR da CA420 e OM420 foi de, respectivamente, 65% e 64%. A EAR da cama de aves se aproxima daquela indicada pela CQFS RS/SC (2016) que é de 70%, quando considerado o efeito residual do segundo cultivo. A grande semelhança da EAR do tratamento OM420 pode ser atribuída a quantidade de N-amídico adicionado, corresponde a 62% do total. Como a cama de aves apresenta pH alcalino (Rogeri et al., 2016), a perda de N por volatilização de amônia pode ter sido importante, o que explica o baixo desempenho do tratamento.

Considerando a EA, os dados mostram que o MIN420 produziu uma quantidade de MS equivalente a 704 kg ha$^{-1}$ de N aplicado por meio de cama de aves. Já o tratamento OM420 produziu o equivalente a 469 kg ha$^{-1}$ de N aplicado via cama de aves. Dividindo estes resultados por 420, valor da dose aplicada, foi possível chegar a EA de 1,68 e 1,12, respectivamente. Assim, para transformar uma dose de N mineral na dose equivalente em N suprido por cama de aves basta multiplicar por 1,68. A mesma transformação pode ser feita para a fonte organomineral ao multiplicar-se por 1,12.

As produtividades de MS, na média de dois anos, do tratamento CA420 e OM420 foram muito próximas de 20 t $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, portanto, coerentes com a recomendação de N do manual de adubação e calagem (CQFS RS/SC, 2016). Por outro lado, a adubação MIN420 produziu em torno de 25 Mg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ de MS, quantidade superior a expectativa de rendimento quando levado em consideração apenas a recomendação de N (CQFS RS/SC, 2016). Isto indica que a Tifton pode ter uma melhor recuperação do N aplicado do que é esperado.

O teor de PB (%) de Tifton 85 também aumentou linearmente com as doses de cama de aves (Figura 2). Na média dos seis cortes avaliados os teores de PB aumentaram de 9,5 para 14,2% para os tratamentos testemunha e CA840, respectivamente. O incremento de PB foi em torno de 0,006% para cada kg $ha^{-1}$ de N aplicado na forma de cama de aves. Esses resultados são menores que os obtidos por Quaresma et al. (2011) que verificaram que o aumento da dose de N (ureia) de 0 para 240 kg $ha^{-1}$ aumentou o teor de PB de 9,5 para 11,3%, respectivamente, com incrementos de 0,0095% para cada kg $ha^{-1}$ de N aplicado, superior ao encontrado neste trabalho. Isto pode ser atribuído a menor EA do N contido na cama de aves.

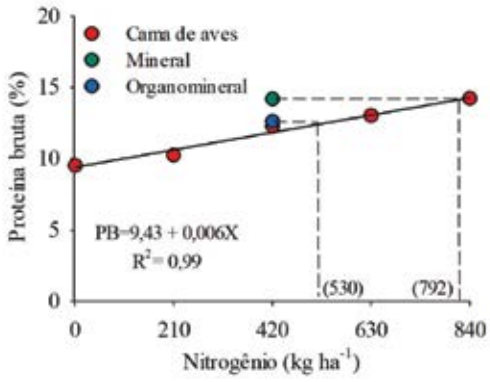



Figura 2. Proteína bruta (%) de Tifton 85 em função da aplicação de doses de N, supridas por meio de cama de aves, uréia (mineral) e cama + ureia (organomineral). Os valores entre parênteses, ao lado das linhas tracejadas, indicam a equivalência agronômica dos tratamentos com fonte mineral e organomineral em cama de aves.

O tratamento OM420 apresentou teores de PB equivalente à dose de 530 kg $ha^{-1}$ de N aplicado via cama de aves (Figura 2). Já o MIN420 acumulou teores de PB equivalente a dose 792 kg $ha^{-1}$ de N supridos pela cama de aves. O fato do tratamento MIN420 ter alcançado teores de PB próximos ao tratamento CA840 pode estar relacionado à maior disponibilidade do N suprido pela fonte mineral. Rogeri et al (2015), demonstraram que a mineralização de N contido na cama de aves é relativamente lenta, perfazendo no máximo 30% do N total aplicado após 48 dias.

## CONCLUSÕES

A produção de massa seca de tifton e o teor de proteína bruta na forragem incrementa de forma linear até 840 kg $ha^{-1}$ de N aplicado na forma de cama de aves. A eficiência agronômica do N contido na cama de aves é próxima a 65%. Para a produção de MS a equivalência agronômica comparativa da cama de aves em relação a fontes minerais e organominerais é de 1,68 e 1,12, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

Associação Nacional para Difusão de Adubos - Anda. Principais Indicadores do Setor de Fertilizantes. 2020. [Acessado em: 3 set 2020]. Disponível em: <https://anda.org.br/wp-content/uploads/2020/08/Principais__Indicadores_2020.pdf.

Colussi G, Silva LS, Minato EA. Escarificação e adubação orgânica: efeito na recuperação estrutural de solo produzindo Tifton 85. Ci. Rural. 2014; 44:1956-1961.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS / SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11a ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul; 2016.

Epagri. Números da agropecuária catarinense 2020. Florianópolis; 2020. (Epagri. Documentos, 313).

Jochims, F, Silva A. Adoção de tecnologias e práticas produtivas em propriedades leiteiras atendidas pela Epagri na macrorregião Oeste de Santa Catarina. Agrop.Catarinense. 2019; 32:16-18.

Parente, C. E.; Lino, A. S.; Junior, E. R. A., Zonta, E.; Dorneles, P. R.; Torres, J. P. M. Multi- temporal accumulation and risk assessment of available heavy metals in poultry litter fertilized soils from Rio de Janeiro upland region. Environ. Monit. Assess. 2019; 191:28.

Quaresma JPS, Almeida RG, Abreu JG, Cabral LS, Oliveira MA, Carvalho DMG. Produção e composição bromatológica do capim Tifton 85 submetido a doses de nitrogênio. Acta Sci. Ani. Sci. 2011; 33:145-150.

Rauber LP, Andrade AP, Friederichs A, Mafra AL, Baretta D, Rosa MGD, Correa JC. Soil physical indicators of management systems in traditional agricultural areas under manure application. Sci. Agrícola. 2018; 75:354-359.

Rogeri DA, Ernani PR, Lourenço KS, Cassol PC, Gatiboni LC. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2015; 19:534-540.

Rogeri DA, Ernani PR, Mantovani A, Lourenço KS. Composition of poultry litter in Southern Brazil. Rev Bras Ci Solo. 2016; 40:1-6.

Sigua GC, Palhares, JCP, Kich, JD. Microbiological quality assessment of watershed associated with animal-based agriculture in Santa Catarina, Brazil. Water Air Soil Pollut. 2019; 210:307–316.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Van Raij B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba; International Plant Nutrition Institute; 2011.

# Eficiência Agronômica de Fertilizante Organomineral à Base de Cama Aviária

Gilmar Luiz Mumbach[1]; Luciano Colpo Gatiboni[2]; Fabiano Daniel de Bona[3]; Édila de Lurdes Almeida[4]; Henrique Stockhausen[4]; Leonardo Farias Heinz[4]

[1] Doutorando no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC. Endereço: rua Hermelino da Silva Ramos, nº 59, bairro Conta Dinheiro, Lages, SC. CEP: 88520-090. E-mail: gilmarmumbach@hotmail.com. [2] Professor do Departamento de Culturas e Ciência do Solo na North Carolina State University, em Carolina do Norte, USA. [3] Pesquisador na área de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS. [4] Graduandos do curso de Agronomia, no CAV/UDESC, Lages, SC.

## INTRODUÇÃO

A obtenção de produtividades satisfatórias em grande parte dos solos brasileiros é dependente de adubação. Os principais nutrientes demandados são o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K).

Os adubos minerais são os mais utilizados na agricultura brasileira. Alternativamente, especialmente em locais com criação de animais, fontes orgânicas são utilizadas. Os adubos minerais caracterizam-se pelas elevadas solubilidade e concentração de nutrientes (HERRERA et al., 2016). As fontes orgânicas apresentam menor conteúdo total de nutrientes, mas podem apresentar vantagens, como a liberação mais controlada de seus constituintes e melhorias em propriedades físicas e biológicas do solo (ANTILLE et al., 2014).

Buscando associar os aspectos benéficos dos fertilizantes minerais e orgânicos, vêm sendo desenvolvidos os fertilizantes organominerais (CORRÊA et al., 2018; FRAZÃO et al., 2019; CRUSCIOL et al., 2020). Estas fontes são constituídas pela mistura industrial das fontes minerais e orgânicas, devendo seguir critérios legais, como constituição e teores mínimos, para serem comercializados no Brasil. Apesar dos potenciais benefícios teóricos, sua resposta em termos agronômicos, bem como as alterações geradas nas propriedades do solo, ainda precisa ser mais bem avaliada.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o rendimento de grãos, a eficiência e as alterações em atributos químicos em função da aplicação de fertilizante organomineral à base de cama aviária.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2015, na fazenda experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC. O solo é classificado como Cambissolo Húmico. Previamente à instalação do experimento, foi realizada uma coleta de solo para sua caracterização, na camada 0-20 cm, apresentando, dentre outros parâmetros: 28, 31 e 41% de argila, silte e areia, respectivamente; 4,6 de pH em água; 4,9 de Índice SMP; 5,1% de matéria orgânica; 7,9 e 186,8 mg $dm^{-3}$ de P e K, respectivamente; e 2,9, 5,6 e 3,2 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de Al, Ca e Mg trocável. Para a neutralização da acidez do solo, utilizou-se calcário dolomítico com 90% de PRNT, objetivando elevar o pH a 6,0.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais, as quais apresentavam área de 12 $m^2$ (3 x 4 m). Os tratamentos foram assim constituídos: controle, sem adubação (T1), cama aviária (T2), o fosfato monoamônico (MAP) + ureia + cloreto de potássio (T3) e adubo organomineral composto pela mistura industrial de 60% de cama aviária e 40% de MAP (T4). As concentrações médias, considerando todas as aplicações, de nitrogênio (N), $P_2O_5$ e $K_2O$ da cama aviária foram de 2,3, 3,7 e 2,3%, respectivamente, enquanto as concentrações dos mesmos nutrientes no fertilizante organomineral foram de 5,8, 21,0 e 1,6%, respectivamente.

Foram cultivados, a partir de dezembro de 2015, em sequência: feijão, trigo, milho, trigo, soja, soja, cevada e soja. Para essa sequência de cultivos, as doses de N, P e K aplicadas foram baseadas em expectativas de rendimento de 2,5, 3,0, 6,0, 3,0, 4,0, 4,0, 3,0 e 4,0 Mg $ha^{-1}$, respectivamente (CQFSRS/SC, 2016). A densidade e o espaçamento, bem como os tratos culturais, foram baseados nas técnicas preconizadas para cada espécie agrícola.

O rendimento de grãos foi avaliado pela colheita das linhas centrais de cada parcela, com ajuste da umidade final em 13%. Considerando o rendimento acumulado (somatório do rendimento dos 8 cultivos), foi calculado o Índice de Eficiência Agronômica (IEA):

$$IEA\ (\%) = \frac{(Tratamento - Controle)}{(Mineral - Controle)} \times 100$$

Em que o "Tratamento" representa a condição a ser avaliada e o "Mineral" foi considerado a condição padrão, definida com IEA base de 100%; ambos os valores, tanto no numerador como no denominador, são descontados pelos rendimentos do tratamento "Controle".

Amostras de solo foram coletadas em maio de 2020, após a colheita do último cultivo, nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram extraídas, por Mehlich 1, as quantidades disponíveis de P e K; o pH foi determinado numa relação solo: água destilada de 1:1, e a saturação por bases foi calculada com base nos valores de soma de bases e CTC pH7. As análises destacadas, assim como as demais necessárias para obtenção da saturação por bases, seguiram metodologias propostas por Tedesco et al. (1995).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR 5.6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de grãos obtidos com o fertilizante organomineral foram equivalentes aos obtidos com a adubação mineral e a orgânica (Tabela 1). Os rendimentos médios obtidos com a adubação, independentemente da fonte, foram de 3364,0, 4853,6, 2612,2, 3090,7, 4844,5, 1809,9 e 2788,2 kg $ha^{-1}$ nos cultivos de feijão, trigo, trigo, soja, soja, cevada e soja, valores estes 79, 75, 97, 71, 61, 105 e 67% superiores aos obtidos no tratamento controle, respectivamente. Nenhuma diferença estatística foi obtida com o cultivo de milho, com rendimento médio de 4213,6 kg $ha^{-1}$.

A ausência de resposta em função da fonte do fertilizante vai de encontra ao obtido em outros estudos (CORRÊA et al., 2018; FRAZÃO et al., 2019), indicando que possíveis diferenças em termos de dinâmica de liberação de nutrientes não influenciam o rendimento de culturas agrícolas anuais. Por outro lado, há estudos que observaram ganhos técnicos e econômicos com a substituição da adubação mineral pela organomineral. Crusciol et al. (2020), realizando dois cultivos com cana-de-açúcar, obtiveram maiores

rendimentos com o organomineral, considerando tanto as menores como as maiores dosagens de P, o que permitiu um lucro geral de 7% a mais em comparação ao sistema com adubação estritamente mineral.

**Tabela 1.** Rendimento de feijão, trigo, milho, trigo, soja, soja, cevada e soja em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes.

| Espécie | Tratamentos[1] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | Rendimento (kg ha$^{-1}$) | | | |
| Feijão | 1874,7 b | 3340,0 a | 3318,9 a | 3432,9 a[2] |
| Trigo | 2775,7 b | 4600,4 a | 4867,9 a | 5092,4 a |
| Milho | 2704,7 | 4465,7 | 4692,0 | 4992,0 |
| Trigo | 1328,4 b | 2569,9 a | 2653,4 a | 2613,2 a |
| Soja | 1807,8 b | 2982,2 a | 3030,5 a | 3259,4 a |
| Soja | 3009,2 b | 4766,4 a | 4843,4 a | 4923,6 a |
| Cevada | 884,5 b | 1918,3 a | 1673,3 ab | 1838,1 a |
| Soja | 1669,9 b | 3012,6 a | 2643,5 a | 2708,6 a |

[1]Os tratamentos são: T1 = controle, sem adubação; T2 = cama aviária; T3 = adubação mineral; e T4 = organomineral. [2]Letras diferentes na linha, dentro de cada cultivo, indicam que há diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

O índice de eficiência agronômico (IEA), com base no somatório dos rendimentos dos 8 cultivos, foi estatisticamente igual entre as três fontes de fertilizantes (Figura 1). Este resultado, em associação aos rendimentos obtidos ao longo da sequência de cultivos, demonstra que, sob quantidades de nutrientes (N, P e K) equivalentes, as fontes testadas possuem resposta similar. Com base nisto, a escolha por parte dos agricultores, de um ou outro fertilizante, deve levar em consideração outros aspectos, como preço de aquisição e aplicação e disponibilidade.

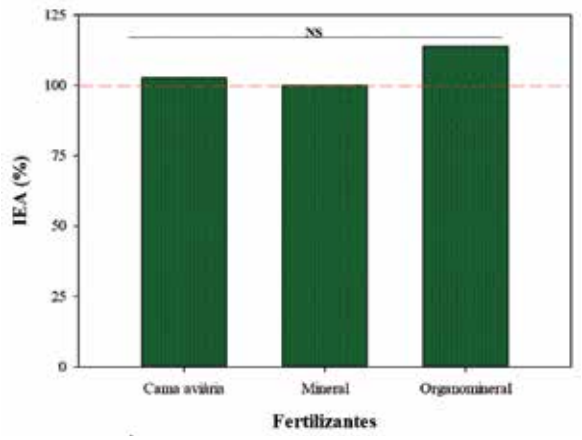



**Figura 1.** Índice de eficiência agronômica (IEA), com base no rendimento acumulado, em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes.

Os teores de P e K no solo foram elevados ao longo das sucessivas adubações, porém sem qualquer comportamento distinto entre os fertilizantes (Figura 2). O enriquecimento, para ambos os nutrientes, concentrou-se até a camada de 10 cm de profundidade, muito em função da deposição dos grânulos de adubo nesta faixa de solo. Considerando os valores médios para a camada 0-10 cm, os teores de P, para as três fontes, mantiveram-se acima do nível crítico (> 18 mg dm$^{3}$), reduzindo a chance de diferenciação em termos de rendimento (CQFS-RS/SC, 2016). Os teores de K também se encontram acima do nível crítico (> 120 mg dm$^{-3}$), inclusive no tratamento controle, fruto do alto conteúdo inicial no solo.

A presença de resíduos orgânicos, seja natural ou adicionados via fertilizantes, pode contribuir com a disponibilidade de P no solo. A composição orgânica dos fertilizantes organominerais pode retardar a solubilização do P no solo, devido à presença de compostos recalcitrantes, podendo isto favorecer a taxa de absorção pelas plantas (CRUSCIOL et al., 2020). Esse retardamento na liberação dos constituintes de fertilizantes com constituição orgânica pode ser também observado para outros nutrientes,

como o N (ANTILLE et al., 2014). Importante destacar, entretanto, que a presença de alto conteúdo de matéria orgânica e a adição frequente de resíduos vegetais ao solo pode trazer os mesmos ou até melhores benefícios. O K, por não integrar nenhum componente estrutural nas plantas, encontra-se em formas solúveis e prontamente disponíveis, independentemente da fonte utilizada (CQFS-RS/SC, 2016).

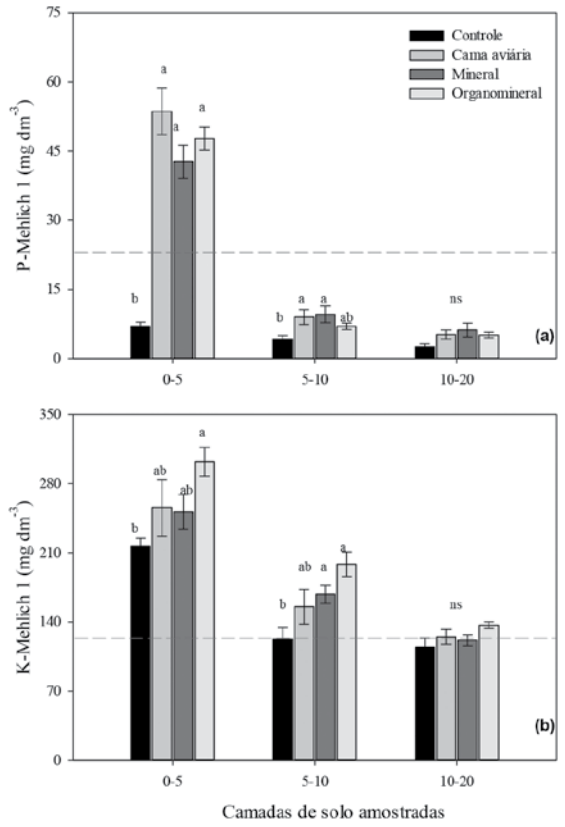



**Figura 2.** Disponibilidade de P e K, extraídos por Mehlich 1, em amostras de solo coletadas nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Letras diferentes entre as barras, dentro de cada camada de solo, indicam que há diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). As linhas tracejadas vermelhas representam os níveis críticos (18 e 120 mg $dm^{-3}$ para P e K, respectivamente).

O pH em água, assim como a saturação por bases, não foram alterados por nenhum dos tratamentos e em nenhuma das camadas de solo avaliadas (Figura 3). Apesar da capacidade, de alguns destes fertilizantes testados, de alterar o pH, mudanças sob condições de campo dificilmente são observadas, principalmente em solos com alta capacidade tampão, como os Cambissolos Húmicos predominantes na região de abrangência do estudo. No mesmo sentido, outros atributos do solo relacionados à acidez também não foram alterados pelos fertilizantes (dados não apresentados). A saturação por bases manteve-se próxima a 65% até a camada de 10 cm, em todos os tratamentos, muito em função da calagem realizada ainda em 2015.

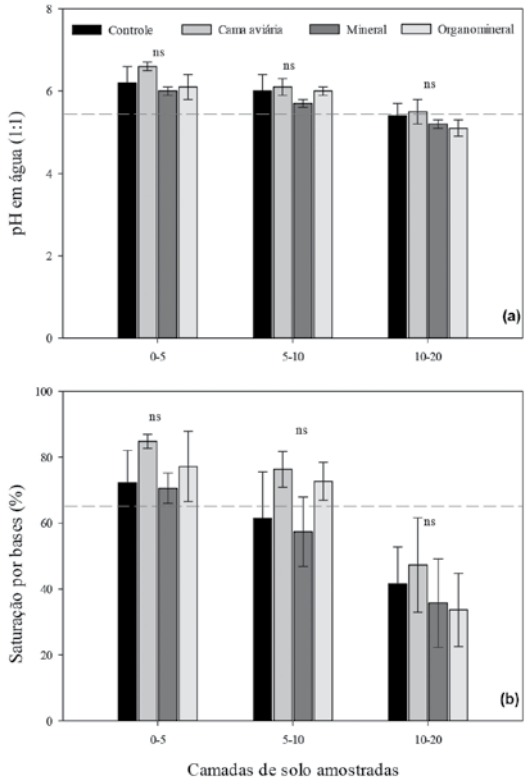



**Figura 3.** Valores de pH em água e saturação por bases, em amostras de solo coletadas nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Letras diferentes entre as barras, dentro de cada camada de solo, indicam que há diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). As linhas tracejadas vermelhas representam condições satisfatórias para obtenção de rendimentos satisfatórios (pH-$H_2O$ de 5,5 e saturação por bases de 65%).

Os resultados obtidos demonstram que, para as condições testadas, a substituição da adubação mineral, ou até mesmo da adubação orgânica, pelo fertilizante organomineral não traz qualquer benefício adicional, seja em resposta das culturas ou melhorias no solo. A utilização desta fonte pode ser interessante em casos onde o preço por unidade de nutrientes não seja superior às fontes convencionais.

## CONCLUSÕES

O fertilizante organomineral permite rendimentos de grãos e eficiência agronômica igual aos obtidos pela adubação mineral e orgânica.

A fertilização promove elevação do conteúdo de nutrientes no solo, mas isso independe da fonte utilizada. O pH em água e a saturação por bases, em solos tamponados e previamente corrigidos com calcário, não são influenciados pelo manejo de adubação.

**AGRADECIMENTOS:** os autores agradecem a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Trigo) pelo fornecimento dos fertilizantes, e a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) pelo apoio técnico/científico e estrutura.

## REFERÊNCIAS

Antille DL, Sakrabani R, Godwin J. Effects of biosolidsderived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with Riegrass (*Lolium perenne* L.). Communications in soil science and plant analisys. 2014; 45:1605-1621.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFSRS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11.ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2016. 376 p.

Corrêa JC, Rebellatto A, Grohskopf MA, Cassol PC, Hentz P, Rigo AZ. Soil fertility and agriculture yield with the applicationof organomineral or mineral fertilizers in solid and fluid forms. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2018;53:633-640.

Crusciol CAC, Campos M, Martello JM, Alves CJ, Nascimento CAC, Pereira JCR, Cantarella H. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. Scientific Reports. 2020.

Frazão JJ, Benites VM, Ribeiro JVS, Pierobon VM, Lavres J. Agronomic effectiveness of a granular poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer in tropical soils: Soil phosphorus fractionation and plant responses. Geoderma. 2019;337:582-593.

Herrera WFB, Rodrigues M, Teles APB, Barth G, Pavinato PS. Crop yields and soil phosphorus lability under soluble and humic-complexed phosphate

fertilizers. Soil Fertility & Crop Nutrition. 2016;108:111.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Eficiência da Associação de Remineralizador do Solo com Fertilizantes na Produtividade de Massa Seca da Forrageira Jiggs

Lidiane Bortoli[1]; Clovis Orlando Da Ros[2]; Nilson Biesdorf[3]; Anderson Arno Bedin[3]; Pedro Mucin Monto[3]; Caio Mizuto Fukui[4]

[1]Estudante, bolsista, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, s/n, Frederico Westphalen, 98400-000, lidianebortoli@hotmail.com. [2]Professor, UFSM, campus Frederico Westphalen. [3]Estudante, UFSM, campus Frederico Westphalen. [4]Estudante, UFSM, campus Santa Maria.

## INTRODUÇÃO

A forrageira jiggs (*Cynodon dactylon*) é uma das principais espécies utilizadas na região sul do Brasil para alimentação do rebanho leiteiro. A alta produção de massa seca da forrageira, para pastejo e produção de feno, associado ao alto teor proteico, garante a manutenção de maior número de animais por área (AMORIM et al., 2017; DA ROS et al., 2018), que é um dos maiores desafios na atividade leiteira.

A eficiência da produtividade das forrageiras, na maior parte das áreas de cultivo de pastagens no Brasil, está relacionada à disponibilidade de nutrientes no solo (REZENDE et al., 2015). A utilização de fertilizantes orgânicos é uma alternativa para aumentar a eficiência da adubação nas forrageiras e, dependendo, da fonte orgânica, reduzir o custo da adubação (CASTRO et al., 2016).

Os fertilizantes orgânicos podem substituir parcial ou totalmente os fertilizantes químicos, além de diminuir a dependência externa de fontes minerais (DANTAS; NEGRÃO, 2010; CASTRO et al., 2016). No entanto, os fertilizantes orgânicos são utilizados normalmente na forma não peletizada ou granulada, que dificulta distribuição no campo e a mistura com fertilizantes químicos granulados.

A transformação de resíduos orgânicos em fertilizantes orgânicos, na forma granulada, é mais uma alternativa que vem crescendo e ganhando aceitação da sociedade científica (ABISOLO, 2017). Essa forma permite que o fertilizante seja incorporado na linha de semeadura das culturas, reduzindo a perda de nutrientes por escamento superficial (nitrogênio, fósforo e potássio) e na forma gasosa (nitrogênio na forma de amônia ou de óxido nitroso). Além disso, a formulação granulada pode ser balanceada com adição de fertilizantes minerais (organomineral), permitindo adequar a quantidade de nutrientes à necessidade nutricional das plantas. Assim, evita o excesso de nutrientes contaminantes no solo e minimiza os impactos ambientais causados pelo uso inadequado de resíduos orgânicos.

Outro componente que vem ganhando aceitação pela comunidade científica para uso na agricultura, como fonte de nutrientes, é o pó de rocha. Quando os teores de nutrientes são iguais

ou superiores a 9,0% (m $m^{-1}$) (CaO + MgO + $K_2O$) e o teor de óxido de potássio ($K_2O$ ) igual ou superior a 1,0% o pó de rocha pode ser classificado como remineralizador do solo (MAPA, 2016).

O remineralizador do solo é um material de origem mineral que sofreu apenas redução do tamanho das partículas por processos mecânicos (BRASIL, 2014). O remineralizador é classificado como um produto que altera os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas (MELO et al., 2012; SOUZA et al., 2017).

A associação do pó de basalto com compostos orgânicos e com fontes solúveis minerais na formulação de fertilizantes granulados organominerais, proposta neste projeto, é uma forma de atender a demanda de nutrientes para as culturas e melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência da associação de remineralizador do solo com fertilizantes na produtividade de massa seca da forrageira jiggs.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de outubro de 2019 a agosto de 2020 na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, RS. O clima da região é subtropical úmido com verão quente, tipo Cfa, com máximas iguais ou superiores a 22°C, mínimas entre -3 a 18°C e precipitação média anual entre 1.900 e 2.200 mm (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com os seguintes atributos determinados conforme Silva (2009), na camada de 0 a 20 cm: 726,6 g $kg^{-1}$ de argila; 5,1 mg $dm^{-3}$ de P e 188,0 mg $dm^{-3}$ de K, extraídos com solução Mehlich-1; 2,4 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de Ca e 1,2 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de Mg, extraídos com solução de KCl 1,0 mol $L^{-1}$; 2,4 mg $dm^{-3}$ de Cu e 1,0 mg $dm^{-3}$ de Zn, extraídos com HCl 0,1 mol $L^{1}$; 11,8 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de CTC potencial; 35,1% de saturação por bases; 20,1% de saturação por Al; 19,3 g $dm^{-3}$ de matéria orgânica e pH em água de 5,0.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 2. O fator A foi composto por diferentes fertilizantes: sem fertilizante, fertilizante orgânico (FO), fertilizante mineral (FM) e fertilizante organomineral (FOM). O fator B foi composto pela presença e ausência do remineralizador do solo (RS). A relação dos tratamentos e as respectivas concentrações de carbono, silício e nutrientes estão especificados na **tabela 1**.

O fertilizante orgânico foi composto pela fração sólida proveniente do tratamento da água residuária de suinocultura, localizada próxima unidade de produção de leitões, na UFSM, campus de Frederico Westphalen. A fração sólida foi separada da fração líquida por peneiramento e decantação. A caracterização da fração sólida foi conforme a metodologia de Silva (2009).

O remineralizador do solo (pó de basalto) foi proveniente da Empresa Alessi Mineração, obtido por peneiramento (fração < 0,6 mm) durante o processo de britagem do basalto para produção de brita. A caracterização química do remineralizador foi por meio de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF), usando o pó de basalto como protocolo padrão de calibração das análises (SANTOS et al., 2013).

Os fertilizantes orgânicos, sem (FO) e com remineralizador do solo (FORS), foram utilizados na forma granulada. Quando a fração sólida foi associada ao remineralizador, a proporção foi de 60 e 40 % de massa seca (m $m^{-1}$), respectivamente. Antes da granulação, a fração sólida foi submetida ao desaguamento e a présecagem. O processo de granulação foi por extrusão e esferonização, desenvolvido em Parceria Pública-Privado entre a UFSM e Alessi Mineração.

Os fertilizantes organominerais, sem (FOM) e com remineralizador (FOMRS), foram formulados com adição de superfosfato triplo (SFT), na forma de mistura de grânulos. O SFT também foi utilizado em mistura com o remineralizador do solo.

As doses dos fertilizantes, sem e com remineralizador do solo, foram equivalentes à aplicação de 90 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$. Os fertilizantes foram aplicados a lanço e incorporados na camada de 0 a 10 cm, imediatamente antes do plantio das mudas da forrageira. Apesar da análise do solo indicar, não foi aplicado calcário, pois a eficiência dos fertilizantes orgânicos, associado ao remineralizador do solo, está relacionada também a capacidade de fornecer cálcio e magnésio e reduzir a acidez do solo.

A suplementação de nitrogênio e potássio à forrageira jiggs foi via irrigação, com a fração líquida proveniente do sistema de tratamento da água residuária de suinocultura, com 17 mg $L^{-1}$ de nitrogênio total; 3,8 mg $L^{-1}$ de fósforo e 244 mg $L^{-1}$ de potássio.

O plantio das mudas foi realizado em 02/10/2019, no espaçamento de 0,3 m x 0,3 m, com mudas produzidas a partir do método de estaquia. A área das parcelas foi 2,25 $m^2$ (1,5 x 1,5 m), com área útil de 0,5 $m^2$ (1,0 x 0,5 m). No período da implantação até 03/08/2020 (306 dias) foram realizados seis cortes, com intervalos médios de 51 dias. A massa seca da forrageira foi quantificada após secagem em estufa a 60 ± 3ºC até massa constante.

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do remineralizador do solo, na forma isolada, contribuiu significativamente com o aumento da produtividade de massa seca da forrageira jiggs quando comparado ao tratamento testemunha (sem remineralizador) (**Figura 1**). Os estudos de Melo et al. (2012) e Souza et al. (2017) indicam que o remineralizador pode aumentar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas.

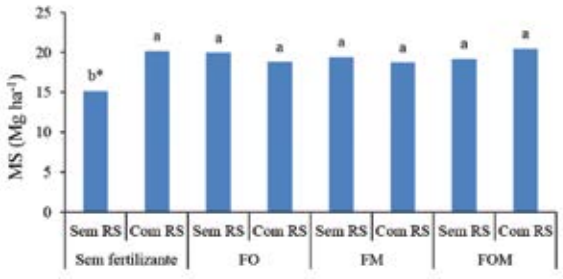



**Figura 1**. Rendimento total de massa seca (MS) da forrageira jiggs (seis cortes) com uso de remineralizador do solo (RS) associado ao fertilizante orgânico (FO), fertilizante mineral (FM) e fertilizante organomineral (FOM). *Médias não seguidas pela mesma letra, para cada fertilizante, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A associação dos fertilizantes (orgânico, mineral ou organomineral) com o remineralizador do solo manteve a mesma produtividade de massa seca da forrageira jiggs em comparação ao uso do remineralizador na forma individual (**Figura 1**). Esse resultado reforça a contribuição do remineralizador na disponibilização de nutrientes para a nutrição das plantas.

O aumento do rendimento de massa seca da forrageira com o uso do remineralizador, na forma isolada ou combinada com os fertilizantes, deve estar relacionado à maior disponibilidade de fósforo no solo, proporcionada pela adição de 90 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ (teor total) em todos os tratamentos, exceto a testemunha (sem fertilizante e sem remineralizador). As quantidades aplicadas de nitrogênio e potássio, apesar de serem diferentes entre os tratamentos, provavelmente atenderam a demanda nutricional das plantas via suplementação pela água de irrigação.

O fertilizante orgânico contribuiu para o aumento do rendimento de massa seca da forrageira jiggs em comparação ao tratamento testemunha (sem fertilizante) (Figura 1). A resposta da forrageira ao uso do fertilizante orgânico pode estar associada à maior disponibilização de macro e micronutrientes no solo (SILVA et al., 2015; LIMA et al., 2017).

O fertilizante orgânico não contribuiu com acréscimo no rendimento da forrageira em comparação ao fertilizante mineral.

Provavelmente, a ausência de resposta pode estar relacionada ao período de avaliação da forrageira, que foi de 10 meses. Lima et al. (2007) relatam que a aplicação de fertilizantes orgânicos por um período de apenas um ano não é suficiente para alterar significativamente os atributos químicos do solo e contribuir para o aumento da produtividade das culturas em comparação ao fertilizante mineral.

A mesma eficiência do rendimento de massa seca do fertilizante orgânico e do mineral indica que a fração sólida da água residuária de suinocultura pode ser usada como matéria prima em processos de granulação de fertilizantes orgânicos (FO) ou de fertilizantes orgânicos remineralizadores do solo (FORS). O processo de granulação dessa fonte pode contribuir para o uso adequado do fertilizante orgânico e para minimizar o passivo ambiental gerado pela atividade de suinocultura.

## CONCLUSÕES

O remineralizador do solo contribui para o aumento da produtividade de massa seca, indicando que pode ser usado para atender a demanda de fósforo no cultivo da forrageira jiggs, tanto de forma individual como associado ao fertilizante orgânico, mineral ou organomineral.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq pela disponibilização da bolsa de Iniciação Científica e a Bakof Tec* e Alessi Mineração pelas Parcerias Público-Privadas.

## REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol zeit. 2013; 22:711-728.

Amorim DS, Silva AL, Sousa SV, Sousa PHAA, Lima BSL. Caracterização e restrições de forrageiras indicadas para as diferentes espécies de animais de produção – Revisão. Rev. Elet. Cient. 2017; 3:215-237

Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal - Abisolo. Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal. 2017. [Acesso em: 7 abr. 2018]. Disponível em: https://abisolo.com.br/anuario/.

Brasil. Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. Normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura.

Castro CS, Lobo UGM, Rodrigues LM, Backes C, Santos AJM. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. Revista de Agricultura Neotropical. 2016; 3:48-54.

Da Ros CO; Damian JD, Campos GL, Silva RF, Somavilla L, Torchelsen MM, Coldebella IJ, Rossato, M. Productive potential for dry matter and crude protein in Jiggs Bermuda grass under nitrogen fertilization. Rev. Bras. Cienc. Agrar. 2018; 13: e5597.

Dantas CCO, Negrão FM. Adubação orgânica para forrageiras tropicais. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. 2010; Ed. 136, Art. 920.

Lima JJ, Mata JDDV, Neto RP, Scapim CA. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Acta Sci. Agron. 2007; 29:715-719.

Melo VF, Uchôa SCP, Dias FDO, Barbosa GF. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. Acta Amazonica. 2012; 42: 471-476.

Rezende AV, Rabêlo FHS, Rabelo CHS, Lima PP, Ávila BL, Carvalho AM, Souza FRC. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. Semina: Ciências Agrárias. 2015; 36: 1507-1517.

Santos ES, Gama E M, França RS, Souza AS, Matos RP. Spectrometria de fluorescência de raios-X na determinação de espécies químicas. Enciclopédia Biosfera. 2013; 9:3413-3432.

Silva FC. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2 ed. 2009, 627 p.

Silva AA, Lana AMQ, Lana RMQ, Costa AC. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. Eng. Agríc. 2015; 35:254-265.

Souza FNS, Oliveira CG, Martins ES, Alves JM, Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. Revista Agri-Environmental Sciences. 2017; 3:1-14.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento com a associação do fertilizante orgânico, fertilizante mineral e fertilizante organomineral com o remineralizador do solo.

| Tratamento | Fertilizante | Remineralizador | Composição (%) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | C | Si | N | $P_2O_5$* | $K_2O$ | Ca | Mg | Cu | Zn |
| | | | % | | | | | | | -- mg $kg^{-1}$ -- | |
| 1 | Sem fertilizante | Sem | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | | Com | 0,0 | 21,8 | 0,0 | 0,8 | 1,3 | 6,3 | 3,0 | 24,0 | 23,2 |
| 3 | Fertilizante orgânico | Sem | 33,4 | nd** | 3,1 | 3,1 | 0,4 | 2,9 | 0,6 | 514,2 | 780,5 |
| 4 | | Com | 20,0 | nd | 1,9 | 2,2 | 0,8 | 4,3 | 1,6 | 318,0 | 477,6 |
| 5 | Fertilizante mineral | Sem | 0,0 | nd | 0,0 | 45,0 | 0,0 | 12,0 | nd | nd | nd |
| 6 | | Com | 0,0 | nd | 0,0 | 18,0 | 0,8 | 8,6 | 1,8 | 1,5 | 1,4 |
| 7 | Fertilizante organomineral | Sem | 21,7 | nd | 2,0 | 18,0 | 0,3 | 6,1 | 0,4 | 334,1 | 570,0 |
| 8 | | Com | 12,6 | nd | 1,2 | 18,0 | 0,5 | 7,1 | 1,0 | 254,8 | 312,5 |

*As doses de fertilizantes foram equivalentes à aplicação de 90 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$. **nd: não determinado.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Eficiência de Uso do Nitrogênio na Sucessão Milho/Trigo em Estratégias de Uso dos Dejetos de Suínos para Mitigar as Emissões de Óxido Nitroso

Poliana Graupe de Almeida[1]; Renata Bencke Gross[2]; Rosemar de Queiroz[3]; Pâmela Oruoski[3]; Heitor Luís Santin Bazzo[3]; Celso Aita[4]

[1]Graduanda do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria – RS, 97105-900, poolialmeida@gmail.com [2] Graduanda do curso de Agronomia, UFSM; [3] Doutorando em Ciência do Solo, UFSM; [4] Professor Titular, UFSM.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura tem grande importância socioeconômica para a região Sul do Brasil, embora o confinamento dos animais resulte em grandes quantidades de dejetos líquidos de suínos (DLS), cujo potencial poluidor do ambinete é elevado. Pelo fato de serem constituídos de uma mistura de fezes, urina, sobras de ração e água de lavagem das instalações, os DLS também constituem uma importante fonte de nutrientes para as culturas, com destaque para o nitrogênio (N) (GONZATTO et al., 2017).

No sistema plantio direto, o solo não deve ser mobilizado e, por isso, os DLS devem ser aplicados na superfície do solo. Nessa condição, podem ocorrer perdas significativas de nutrientes por escoamento superficial, com destaque para o N e o fósforo (P), e também perdas gasosas de N, principalmente por volatilização de amônia ($NH_3$). Além de reduzir o potencial fertilizante dos DLS, essas perdas podem impactar negativamente o meio ambiente (ROCHETTE et al., 2009). A injeção subsuperficial dos DLS é uma estratégia que reduz a perda de N via volatilização de $NH_3$ para valores próximos a zero (AITA et al., 2014), aumentando a quantidade de N disponível no solo às culturas (GONZATTO et al., 2017). Porém, a injeção dos DLS no solo concentra carbono orgânico solúvel, água e N inorgânico no interior do sulco de injeção, o que pode favorecer a produção de $N_2O$ através da desnitrificação e a emissão desse importante gás de efeito estufa para a atmosfera (AITA et al., 2014).

Uma estratégia que tem se mostrado eficiente em reduzir a emissão de $N_2O$ consiste na adição do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) aos DLS quando estes são injetados no solo. No trabalho realizado por Aita et al. (2019) na cultura do milho, o uso da DCD reduziu a emissão de $N_2O$ em 48%, em relação à injeção dos DLS sem DCD. Apesar desse efeito positivo da DCD em mitigar as emissões de $N_2O$, o impacto do uso desse inibidor na produtividade das culturas ainda é inconclusivo, mostrando pouco efeito (MOIR et al., 2012) ou atém mesmo nenhum aumento (AITA et al., 2015; GONZATTO et al., 2017).

Além da injeção associada ao uso da DCD, é importante testar outras estratégias de uso dos DLS, avaliando o impacto dessas estratégias sobre o fornecimento de N às culturas. Inserido nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar como diferentes estratégias de uso dos DLS em plantio direto afetam a eficiência de uso do N na sucessão milho/trigo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), de dezembro de 2015 até outubro de 2019, em um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (EMBRAPA, 2018). Durante esse período, os tratamentos foram aplicados em três cultivos de milho e três de trigo.

Os DLS provenientes de animais em fase de terminação foram coletados de esterqueira anaeróbica. Antes da implantação de cada cultura foram determinados os teores de nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal total (NAT = $NH_3$ + $NH_4^+$), matéria seca (MS) e os valores de pH dos DLS (TEDESCO et al., 1995).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso e os sete tratamentos, avaliados em parcelas de 30 $m^2$ (3 x 10 m) e com quatro repetições foram os seguintes: T1: Testemunha, sem aplicação de fertilizante; T2: Fertilização mineral com nitrogênio, fósforo e potássio na semeadura + Ureia em cobertura – (NPK + Uc); T3: DLS (100% da dose na semeadura) em superfície - (DLSss); T4: DLS (100% da dose na semeadura) injetados no solo - (DLSsi); T5: DLS injetados (50% da dose na semeadura) + DLS em superfície (50% da dose em cobertura) - (DLSsi + DLScs); T6: DLS injetados (50% da dose na semeadura) + Ureia (50% da dose em cobertura) – (DLSsi + Uc); T7 – DLS injetado (50% da dose na semeadura com adição de DCD + Ureia (50% da dose em cobertura) – (DLSsi + DCD + Uc). Em cada cultivo, os tratamentos foram sempre reaplicados nas mesmas parcelas.

As quantidades de N aplicadas com DLS e com fertilizante mineral (NPK) no milho e no trigo seguiram as recomendações para essas culturas. A dose do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) aplicada no T7 foi de 10 kg $ha^{-1}$.

A produtividade de grãos do milho foi avaliada colhendo-se as plantas de uma área útil de 16,8 $m^2$ por parcela. Já para o trigo foram colhidas as plantas da área útil de 16 $m^2$. Após a debulha dos grãos foi determinada umidade, corrigindo a mesma para 13%. Para a determinação da produção de MS e do acúmulo de N na parte aérea (palha + grãos) foram coletadas aleatoriamente cinco plantas de milho na área útil de cada parcela e as plantas de trigo de quatro segmentos de linha de 0,5 m. As plantas coletadas e amostras de grãos foram pesadas e submetidas à secagem a 65 ºC para posterior moagem e determinação dos teores de N total. O acúmulo de N foi calculado multiplicandose o teor de N da palha e dos grãos pela produção de massa seca destes constituintes.

A eficiência agronômica (EAN) e a recuperação aparente do N pelas plantas (RAN) aplicado nos tratamentos foram calculadas como segue: EAN (kg grão $kg^{-1}$ N aplicado) = (produtividade de grãos no tratamento – produtividade de grãos da testemunha)/N total aplicado; RAN = [(N total acumulado no tratamento – N total acumulado na testemunha)/(N total aplicado)]*100. Para esses cálculos foram considerados os valores acumulados da produtividade de grãos e o acúmulo de N de três cultivos de milho e três de trigo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância usando o software Sisvar. Os tratamentos foram comparados entre si usando a menor diferença significativa de Fisher (LSD). A significância estatística foi estabelecida para o nível de confiança de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de DLS e de adubação mineral (NPK) aumentou significativamente a produtividade de palha e de grãos, tanto no milho quanto no trigo. Na média dos tratamentos com aplicação de DLS, a produtividade de palha e de grãos de milho aumentou em 1,9 e 2,5 vezes, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. No trigo, esse aumento foi de 1,8 e 2,8 vezes para a palha e os grãos, respectivamente. No tratamento com adubação mineral (NPK), a produtividade de palha aumentou em 1,9 vezes no milho e 1,4 vezes no trigo, em relação à testemunha, enquanto a produtividade de grãos aumentou em 2,3 vezes no milho e 3,0 vezes no trigo (**Tabela 1**). Esses resultados podem ser explicados pela baixa fertilidade natural do solo da área experimental e evidenciam o elevado potencial de resposta das culturas aos tratamentos avaliados.

Comparando o modo de aplicação dos DLS no solo (injeção x aplicação em superfície), observase que quando 100% da dose de DLS foi aplicada na semeadura do milho, a injeção subsuperficial dos DLS (DLSsi) apresentou melhores resultados do que a aplicação superficial (DLSss), aumentando a produtividade acumulada de palha em três anos em 1,9 Mg $ha^{-1}$ (9,2%) e de grãos em 2,5 Mg $ha^{-1}$ (12,0%). No trigo, tanto a produtividade de palha quanto de grãos, não foram afetadas significativamente pelo modo de aplicação dos DLS no solo. A melhor resposta do milho à injeção dos DLS do que a sua aplicação na superfície do solo encontrada no presente estudo está de acordo com os resultados encontrados por Gonzatto et al. (2017), em que a injeção aumentou a produtividade de palha de milho em 1,5 Mg $ha^{-1}$ e a produtividade de grãos em 0,8 Mg $ha^{-1}$, em relação à aplicação superficial. Esses autores também não encontraram diferença no trigo entre injetar ou aplicar os DLS na superfície do solo. A diferença de resposta do milho e do trigo à injeção dos DLS deve estar ligada às perdas de N via volatilização de $NH_3$, que são maiores no verão do que no inverno. Como a injeção reduz a volatilização de $NH_3$ em temperaturas elevadas, o efeito positivo dessa prática na preservação do N mineral no solo é maior em culturas de verão do que de inverno.

Em acordo ao observado com a produtividade de grãos, o acúmulo de N nos grãos do milho e do trigo também aumentou significativamente com a aplicação dos DLS e da adubação mineral (NPK), em relação ao tratamento testemunha sem o uso de fertilizantes. O aumento observado no acúmulo de N nos grãos do milho no tratamento com aplicação de NPK e na média dos tratamentos com DLS foi de 2,7 e 2,8 vezes, respectivamente. Na quantidade de N acumulado nos grãos do trigo, esses aumentos foram de 3,4 e 3,1 vezes. Tais resultados indicam a baixa capacidade do solo em suprir a demanda de N das duas gramíneas. Quanto ao efeito do modo de aplicação dos DLS no solo no acúmulo de N nos grãos, ele só ocorreu no milho, com a injeção tendo sido superior à aplicação superficial em 15,3%.

Comumente, os DLS são aplicados nas culturas em dose única, no momento da semeadura e na superfície do solo. Nessa condição, as perdas de N podem ser elevadas, principalmente por volatilização de $NH_3$ e por lixiviação de nitrato ($NO_3^-$), pois nas primeiras semanas após a semeadura a demanda de N das culturas ainda é pequena. Por isso, a importância em comparar no presente estudo o efeito sobre o milho e o trigo da aplicação na superfície do solo de 100% dos DLS na semeadura (DLSss) com as três novas estratégias de uso dos DLS, combinando a injeção de 50% da dose de DLS na semeadura, com e sem DCD, com os restantes 50% do N aplicados em cobertura na superfície do solo, com DLS (DLSsi + DLScs) ou com ureia (DLSsi + Uc).

No milho, as três estratégias avaliadas resultaram em produtividade de grãos e acúmulo de N nos grãos significativamente maior do que o modo tradicional de uso dos DLS (DLSss), sem diferenças entre elas. Na média das três estratégias, o aumento da produtividade de grãos e na quantidade de N acumulado em três anos, em relação ao tratamento DLSss, foi de 3,6 Mg $ha^{-1}$ (17,0%) e 51,8 kg $ha^{-1}$ (22,1%), respectivamente. No trigo, as três estratégias aumentaram apenas o acúmulo de N nos grãos (18,1%), em relação à aplicação na superfície do solo de 100% dos DLS na semeadura, sem diferença significativa na produtividade de grãos. Comparando as três estratégias entre si, observa-se na **Tabela 1**, que elas não diferiram na produtividade e acúmulo de N no milho. Já no trigo elas diferiram quanto ao acúmulo de N, com os melhores resultados sendo obtidos quando 50% da dose de DLS foi injetada ao solo juntamente com a DCD, com os 50% restantes do N aplicados em cobertura com ureia (DLSsi + DCD + Uc).

Quanto aos índices que avaliam a eficiência de uso do N, observa-se que eles variaram em função dos tratamentos e da cultura. No milho, tanto a eficiência agronômica do N (EAN) quanto a recuperação aparente do N (RAN) foram maiores nas três estratégias avaliadas do que no modo tradicional de uso dos DLS em plantio direto (DLSss), as quais não diferiram do tratamento com adubação mineral, em que 1/3 do N-ureia é aplicado na semeadura e 2/3 em cobertura. Entre as três estratégias avaliadas, elas não diferiram quanto a RAN enquanto a EAN foi maior no tratamento em que 50% da dose de DLS foi injetada juntamente com DCD na semeadura, com 50% do N aplicado na forma de ureia em cobertura. No trigo, esse mesmo tratamento foi o que apresentou maior EAN em relação ao tratamento DLSss. Quanto à RAN, as três estratégias foram superiores ao tratamento DLSss, com o tratamento que recebeu DCD com 50% da dose de DLS na semeadura e ureia em cobertura (DLSis + DCD + Uc) apresentado a maior recuperação de N (52,0%) entre as estratégias.

## CONCLUSÕES

A injeção subsuperficial de 100% da dose de DLS na semeadura aumentou a produtividade e acúmulo de N, em relação à aplicação da mesma dose de DLS na superfície do solo, porém esse aumento ocorreu apenas no milho. A estratégia de parcelar a dose recomendada de DLS, injetando 50% na semeadura e aplicando os outros 50% em cobertura, com DLS ou ureia, foi mais eficiente do que aplicar 100% da dose de DLS na semeadura, com os melhores resultados sendo obtidos no milho do que no trigo. A adição da DCD à dose de 50% de DLS injetados na semeadura apresentou efeito positivo apenas no trigo, onde aumentou a produtividade, o acúmulo de N e a RAN.

## REFERÊNCIAS

Aita, C., Gonzatto, R., Miola, E.C.C., Santos, D.B., Rochette, P., Angers, D.A., Chantigny, M.H., Pujol, S.B., Giacomini, D.A., Giacomini, S.J., Injection of DCD-treated pig slurry reduced $NH_3$ volatilization without enhancing soil $N_2O$ emissions from no-till corn in southern Brazil. J. Environ. Qual. 2014; 43:789–800. doi:10.2134/jeq2013.07.0301.

EMBRAPA, Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. (versão digital online, disponível em https://www.embrapa.br/en/solos/busca-depublicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileirode-classificacao-de-solos)

Gonzatto, R., Aita, C., Bélanger, G., Chantigny, M.H., Miola, E.C.C., Pujol, S.B., Dessbesel, A., Giacomini, S.J., 2017. Response of no-till grain crops to pig slurry application methods and a

nitrification inhibitor. Agron.J. 109, 1687–1696. doi.org/10.2134/agronj2016.09.0547

Rochette, P., D.A. Angers, M.H. Chantigny, J.D. MacDonald, N. Bissonnette, and N. Bertrand. 2009. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A laboratory comparison. Soil Tillage Res. 103:310–315. doi:10.1016/j.still.2008.10.028

Schirmann, J., Aita, C., Giacomini, S.J., Pujol, S.B., Giacomini, D.A., Gonzatto, R., Olivio, J., 2013. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. R. Bras Ci Solo. 37:271280. doi:10.1590/S0100-06832013000100028.

Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnen, H., Volkweiss, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Tabela 1. Valores acumulados da produtividade de grãos, do acúmulo de N e da eficiência de uso do N (EAN e RAN) de diferentes tratamentos aplicados na sucessão milho/trigo em três cultivos de cada gramínea.

| Tratamentos | Produtividade | | | Acúmulo de N | | | EAN[2] | RAN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Palha | Grão | Total | Palha | Grão | Total | | |
| | ---------- Mg ha$^{-1}$ ---------- | | | ---------- kg ha$^{-1}$ ---------- | | | kg kg$^{-1}$ | -- % -- |
| ***Milho*** | | | | | | | | |
| Testemunha | 11,2 c[1] | 9,4 e | 20,6 d | 42,0 b | 96,1 d | 138,1 c | - | - |
| NPK + Uc | 21,7 ab | 22,1 cd | 43,8 bc | 89,2 a | 261,8 bc | 351,0 ab | 34,3 ab | 57,5 a |
| DLSss | 20,6 b | 20,9 d | 41,5 c | 85,1 a | 234,9 c | 320,0 b | 24,9 c | 39,3 b |
| DLSsi | 22,5 a | 23,4 bc | 45,9 ab | 88,8 a | 270,8 ab | 359,6 ab | 30,3 b | 47,9 b |
| DLSsi + DLScs | 21,2 ab | 24,5 ab | 45,7 ab | 92,7 a | 289,6 ab | 382,3 a | 32,6 b | 52,8 a |
| DLSsi + Uc | 21,0 ab | 23,8 abc | 44,8 ab | 92,2 a | 273,7 ab | 365,9 a | 34,6 ab | 54,7 a |
| DLSsi + DCD + Uc | 21,7 ab | 25,1 a | 46,8 a | 96,1 a | 296,7 a | 392,8 a | 37,7 a | 61,1 a |
| ***Trigo*** | | | | | | | | |
| Testemunha | 4,4 d | 2,5 d | 6,9 d | 17,8 e | 51,4 d | 69,2 d | - | - |
| NPK + Uc | 6,4 c | 7,5 ab | 13,9 c | 28,8 cd | 177,2 ab | 206,0 b | 18,5 a | 50,7 a |
| DLSss | 7,3 bc | 6,9 abc | 14,2 bc | 25,6 d | 145,1 c | 170,7 c | 13,0 c | 30,0 c |
| DLSsi | 7,9 ab | 6,7 c | 14,6 abc | 31,1 bcd | 138,9 c | 170,0 c | 12,4 c | 29,9 c |
| DLSsi + DLScs | 8,2 a | 6,9 abc | 15,1 abc | 35,4 ab | 163,6 b | 199,0 b | 13,0 c | 38,4 b |
| DLSsi + Uc | 7,7 ab | 6,8 bc | 14,5 bc | 32,4 bc | 162,8 b | 195,2 b | 14,1bc | 41,5 b |
| DLSsi + DCD + Uc | 8,0 ab | 7,6 a | 15,5 a | 39,1 a | 187,9 a | 227,0 a | 16,8 ab | 52,0 a |

(1) Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade de erro.

(2) Para o cálculo da eficiência agronômica do N (EAN) e da recuperação aparente do N (RAN) nos tratamentos com DLS considerou-se a quantidade acumulada de N total aplicada nos três cultivos de milho (462,5 kg N ha$^{-1}$) e de trigo (337,5 kg ha$^{-1}$), considerando-se a recomendação da CQFS (2016) de que 80% do N total é disponibilizado para as plantas.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Escarificação anual e plantas de cobertura na produção de milho silagem: impactos de curto prazo na acidez do solo

Leonardo Vicente Ellert Kroth[1]; Letícia Conzatti Piccinini[2]; Thamires Rodrigues de Sá Valle[3]; Jeniffer Berté Valer[1]; Gian Ghisleni[1]; Amanda Posselt Martins[4]

[1]Estudante de graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil., leonardovkroth@gmail.com; [2]Mestranda em Ciência do Solo, UFRGS; [3]Doutoranda em Ciência do Solo, UFRGS; [4]Professora do Departamento de Solos, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

A produção de milho (*Zea mays* L.) para silagem é uma importante etapa na cadeia de alimentação da pecuária leiteira, estando presente em 86,16% das 152.489 das propriedades leiteiras do Rio Grande do Sul (RIES, 2019), sobretudo em regiões com pequenas propriedades, como é o caso do Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul/RS.

A silagem de milho se constitui como garantia de alimentação do rebanho. No entanto, a ausência da correção de acidez do solo, o amplo uso de fertilizantes pelos produtores durante o plantio para suprir nutrientes ao solo que são exportados devido à colheita da planta inteira (UENO et al., 2013) e a ausência de plantas de cobertura durante o período hibernal, contribuem para a acidificação do solo e o aumento dos custos da produção.

É importante destacar que a compactação do solo promovida pelo intenso tráfego de maquinário nas lavouras, impede o desenvolvimento radicular das plantas devido à baixa disponibilidade de água e, consequentemente, menor absorção de nutrientes. Nisso a escarificação contribui com a mobilização localizada do solo, permitindo a infiltração de água e a solubilização de Ca e de Mg adicionados ao solo pela calagem, deslocando-se para a subsuperfície (AMARAL et al., 2004), ao mesmo tempo que a implantação de plantas de cobertura antecedendo o plantio do milho permitem a manutenção da palhada que, a partir da decomposição dos resíduos vegetais na superfície, originam compostos orgânicos hidrossolúveis que complexam o Ca, permitindo sua descida no perfil do solo (RHEINHEIMER et al., 2000), assim como o uso de plantas com sistema radicular pivotante permitem aerar o solo devido sua capacidade de crescer em camadas compactadas.

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar parâmetros químicos ligados à acidez do solo em área com cultivo anual de milho para silagem de planta inteira, após a adoção de práticas de manejo como a cobertura do solo, a calagem e a escarificação, visando uma produção sustentada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento utilizado nesse estudo está situado no município de Roca Sales/RS na propriedade da Granja Piccinini, onde vem sendo

conduzido desde abril de 2018. O solo do local é caracterizado como Cambissolo Háplico, com declividade média de 8% e alta compactação superficial.

Nos últimos anos, a área era utilizada para produção de milho silagem de planta inteira no verão e alternando entre produção de trigo para silagem e pousio no inverno. O manejo de solo adotado era o cultivo mínimo, com plantio direto das culturas e revolvimento pontual para a descompactação do solo. Os teores de cátions básicos e saturação por bases (V%), eram classificados como alto (CQFS-RS/SC, 2004) e o pH do solo considerado como médio (CQFSRS/SC, 2004), muito provavelmente pela adubação da área que consistia na aplicação de dejetos originados da produção de vacas leiteiras e suínos.

A calagem foi realizada de forma manual no início do experimento antes da semeadura das plantas de cobertura de inverno de 2018, ajustada de acordo com a análise de solo para a condição de plantio direto. Com isso, foi aplicado de forma superficial 3,0 t/ha de calcário com poder relativo de neutralização total de 68%.

O experimento está dividido em 24 parcelas de 12,5 m x 5,0 m do tipo fatorial 4 x 2 com delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos se constituíram em diferentes plantas hibernais de cobertura de inverno [1- aveia (*Avena* sp.); 2- aveia + ervilhaca (*Avena* sp. + *Vicia sativa*); 3- nabo (*Raphanus sativus*); 4- pousio (plantas espontâneas)] e diferentes manejos da escarificação solo (1- com escarificação anual; 2- sem escarificação).

As amostras de solo (compostas de 3 subamostras) foram coletadas um ano depois da implantação do experimento (abril de 2019), 21 dias após o corte mecanizado do milho para ensilagem, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 2030 cm com a utilização de trado calador.

Em laboratório, as amostras foram secas em estufas à temperatura de 45 °C e moídas em moinho de martelo até passar em peneira com malha de 2 mm. Após, realizou-se análises de acidez ativa (pH em água, relação 1:1) e potencial (índice SMP), de potássio disponível (Mehlich 1) e de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCl 1mol $L^{-1}$). A metodologia utilizada para o preparo e análises das amostras de solo foi a de Tedesco et al. (1995). De posse dos dados, calculou-se a saturação por bases (V% = $Ca^{2+}$ + $Mg^{2+}$ + $K^{+}$ × 100/ CTC pH 7,0) e a saturação por alumínio do solo (Al3+ × 100/ CTCefetiva).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo ($p<0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, conforme o delineamento descrito. Além disso, estudos de regressão entre os parâmetros de acidez do solo também foram realizados, sendo testada a significância das equações ao nível de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a primeira safra de milho para silagem (2018/2019), observou-se que independentemente das plantas hibernais de cobertura e da escarificação do solo, as camadas superficiais (0-10 cm) apresentaram menor pH que as camadas mais profundas (10-30 cm) do solo, variando de 5,25 a 5,71 (Figura 1). Esse não é um padrão comum para solos em plantio direto, que comumente apresentam valores de pH do solo menores em subsuperfície e maiores em superfície (QUAGGIO, 2000). Isso ocorreu, provavelmente, pela grande extração de nutrientes nesses primeiros centímetros de solo com o cultivo contínuo de milho para silagem. A absorção de cátions, como o potássio ($K^{+}$), o cálcio ($Ca^{2+}$), o magnésio ($Mg^{2+}$) e muitos dos micronutrientes pelas plantas, provoca a acidificação do solo pela exsudação de prótons ($H^{+}$) das raízes, visando manter a eletroneutralidade das células vegetais (TANG; RENGEL, 2003).

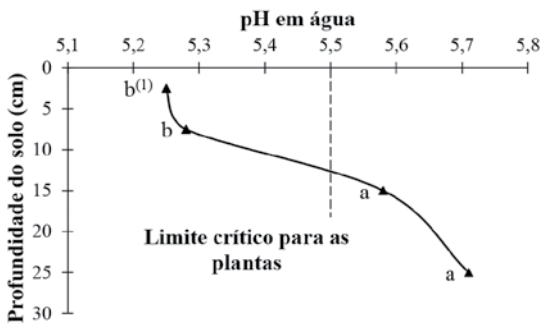



Figura 1. Valores de pH em água do solo (relação 1:1) após o cultivo de milho para silagem da safra 2018/2019, na média dos tratamentos de escarificação e de plantas hibernais de cobertura, um ano após a calagem e o início do experimento. Roca Sales, RS, Brasil. (1)Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).




Figura 2. Valores de saturação por bases do solo após o cultivo de milho para silagem da safra 2018/2019, em dois manejos distintos de escarificação e na média das diferentes plantas hibernais de cobertura, um ano após a calagem e o início do experimento. Roca Sales, RS, Brasil. (1)Letras minúsculas comparam as camadas de solo e letras maiúsculas comparam a escarificação do solo, pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A saturação por bases (V%) apresentou valores entre 61 e 90% ao longo de todas as camadas de solo analisadas **(Figura 2)**, ficando um pouco abaixo do limite crítico para o desenvolvimento das plantas que é de 65% (CQFS RS/SC, 2016). Não houve efeito das plantas hibernais de cobertura na V%. No entanto, quando adotada a escarificação anual, a V% atingiu valores próximos a 80% em todas as camadas coletadas, valor considerado alto (CQFS-RS/SC, 2004). A escarificação anual proporcionou maior V% no solo até a camada de 5-10 cm, em relação ao manejo sem escarificação que, por sua vez, apresentou menores valores de V% **(Figura 3)** e maior estratificação desses valores ao longo do perfil do solo: maior valor em 20-30 cm, valor intermediário em 10-20 cm e menor valor em 0-10 cm. Esse comportamento seguiu o mesmo do pH **(Figura 1)**, com menor acidez do solo em superfície.

Além disso, é importante destacar como a escarificação do solo alterou a relação entre o pH e a V% **(Figura 3)**. Nota-se que, nas áreas com escarificação anual, apesar da maior amplitude nos valores de pH (aproximadamente de 5,0 a 6,5), a V% variou menos (aproximadamente de 70 a 90%) do que a área sem escarificação, onde os valores de pH ficaram aproximadamente entre 4,6 e 5,7 e de V% entre 60 e 90%. Isso pode ser verificado pelos modelos de regressão obtidos, que demonstram que para cada 1,0 unidade de pH, a V% aumenta em 26,6% para a área sem escarificação e em apenas 5,7% para a área com escarificação anual, demonstrando que o pH é menos importante para definir a V% em áreas com escarificação anual ($R^2$ = 0,17, em relação a um $R^2$ = 0,81 nas áreas sem escarificação) **(Figura 3)**.

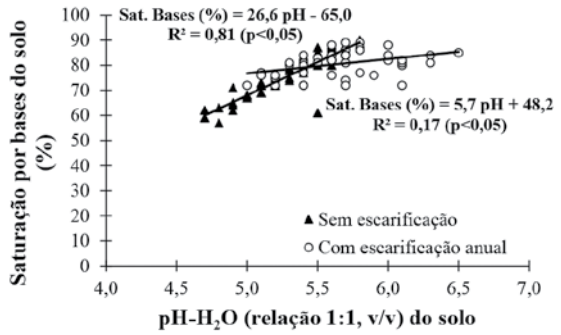



Figura 3. Relação entre a saturação por bases e o pH do solo após o cultivo de milho para silagem da safra 2018/2019, em dois manejos distintos de escarificação e na média das diferentes plantas hibernais de cobertura, um ano após a calagem e o início do experimento. Roca Sales, RS, Brasil.

A saturação por alumínio (m%) apresentou valores abaixo de 1%, independentemente das plantas hibernais de cobertura e da escarificação do solo (Figura 4). Esse valor é considerado baixo (CQFS-RS/SC, 2004), o que denota ausência de fitotoxidez por alumínio para as plantas. No entanto, corroborando com o pH e a V%, é possível notar na Figura 4 que nas camadas superficiais (0-10 cm) a acidez foi maior, com a m% alcançando valores levemente maiores que nas camadas superficiais (10-30 cm).

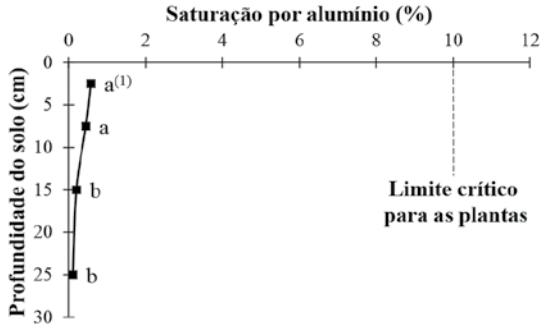



Figura 4. Valores de saturação por alumínio do solo após o cultivo de milho para silagem da safra 2018/2019, na média dos tratamentos de escarificação e de plantas hibernais de cobertura, um ano após a calagem e o início do experimento. Roca Sales, RS, Brasil. (1)Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Na Figura 5, nota-se que mesmo em valores baixos de pH (< 5,0) a m% é muito baixa, com valores menores do que 2%. Hue & Amien (1989) relataram que resíduos vegetais deixados na superfície do solo podem diminuir a acidez e diminuir a toxidez por Al, comportamento que não foi observado neste estudo uma vez que houve aumento da acidez na camada superficial. Porém, a complexação de Al pelas substâncias húmicas da matéria orgânica parece ser a reação mais importante sob o ponto de vista da redução da fitotoxidez por Al (SALET, 1998). Isso também é, provavelmente, resultado da gênese e da mineralogia desse solo, resultando em discrepâncias nas relações entre os atributos de acidez do solo. Essas relações precisam ser melhor investigadas no longo prazo.

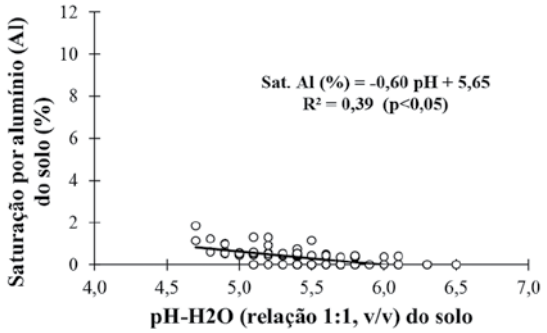



Figura 5. Relação entre a saturação por alumínio e o pH do solo após o cultivo de milho para silagem da safra 2018/2019, em dois manejos distintos de escarificação e na média das diferentes plantas hibernais de cobertura, um ano após a calagem e o início do experimento. Roca Sales, RS, Brasil.

## CONCLUSÕES

No perfil de 0-30 cm, as plantas hibernais de cobertura não exercem influência em propriedades químicas ligadas à acidez como o pH, a saturação por bases e a saturação por alumínio, enquanto a escarificação anual afetou apenas a saturação por bases.

As camadas superficiais de solo entre 0-10 cm apresentam valores de pH mais baixos em

comparação com as camadas subsuperficiais entre 10-30 cm.

A saturação por bases apresenta valores próximos a 80% na superfície do solo quando adotada a escarificação anual e valores próximos a 65% quando não há escarificação do solo. Nas camadas entre 10-30 cm, os diferentes manejos de solo apresentam valores semelhantes de saturação por bases.

Os valores de saturação por alumínio não apresentam valores altos e consequentemente, não causam toxidez às plantas.

**AGRADECIMENTOS:** à Granja Piccinini pelo auxílio na condução do experimento a campo, aos colegas de laboratório que ajudaram durante a pesquisa, à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Propesq) e à Fundação Agrisus.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, A. S. et al . Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 359-367, Apr. 2004.

CQFS RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

HUE, N. V.; AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 20, n. 15-16, p. 1499-1511, 1989.

QUAGGIO, José Antonio. Acidez e calagem em solos tropicais. Instituto Agronômico, 2000.

SALET, R.L. Toxidez de alumínio no sistema plantio direto. Porto Alegre, 1998. 109p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

TANG, Caixan; RENGEL, Zdenko. Role of plant cation/anion uptake ratio in soil acidification. Handbook of soil acidity. Marcel Dekker, New York, p. 57-81, 2003.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p, 1995.

UENO, Robson Kyoshi et al. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. Semina: Ciências Agrárias, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, 2013.

RHEINHEIMER, D. S. et al . Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, Dec. 2000.

RIES, Jaime Eduardo. EMATER. RIO GRANDE DO SUL/ ASCAR. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul: 2019. Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar, 2019.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Espécies Químicas de Alumínio na Solução de um Argissolo Submetido a Aplicações de Dejetos Líquidos de Suínos

Lessandro De Conti[1]; Gustavo Brunetto[2]; Lincon Oliveira Stefanello da Silva[3]; Adriele Tassinari[3]; Eduardo Girtotto[4]; Tadeu Luis Tiecher[4]; Carlos Alberto Ceretta[2]

[1]Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar) – *campus* Santo Augusto, Rua Fábio João Andolhe, 1100, Santo Augusto-RS, CEP 98590-000. E-mail: lessandro.deconti@iffarroupilha.edu.br; [2]Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [3]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM; [4]Professor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de dejetos de animais ou resíduos orgânicos em solos agrícolas, por adicionar simultaneamente vários elementos químicos, além de carbono, modifica a disponibilidade de elementos essenciais e não essenciais, potencialmente tóxicos às plantas, como o alumínio (Al) (ALLEONI et al., 2010; DE CONTI et al., 2016).

Solos intemperizados de regiões tropicais e subtropicais naturalmente são ácidos e possuem altos teores de Al trocável, que pode ser tóxico às plantas, diminuindo o crescimento e a produtividade de culturas (ZAMBROSI et al., 2008; VIEIRA et al., 2009; ALLEONI et al., 2010). A maior parte da fração trocável do Al no solo está ligado aos sítios de troca da fase sólida, no entanto, em equilíbrio está a porção solúvel do Al, encontrada na solução do solo (SPOSITO, 1995).

Na solução do solo, o Al pode estar na forma livre ou formando complexos, pares iônicos ou quelatos com íons ou moléculas de valência oposta, modificando sua biodisponibilidade (SPOSITO, 1995; NOLLA & ANGHINONI, 2006; NOGUEIROL et al., 2015). Isto indica que apenas a concentração de Al total na solução do solo não é um bom indicador de potencial fitotóxico de Al, pois a biodisponibilidade depende das espécies químicas solúveis presentes, com redução na influência negativa do Al no sistema radicular das culturas, na seguinte ordem: $Al^{3+} > AlOH^{+2} > Al(OH)^{2+} > Al(OH)_4^- > Al(SO_4)^+$ (RUTKOWSKA et al., 2015). No entanto, as espécies de Al complexadas com fluoreto, compostos orgânicos e (OH) são consideradas como não prejudiciais aos organismos vivos (RUTKOWSKA et al., 2015; NOGUEIROL et al., 2015).

Práticas de manejo que aumentam a concentração de ligantes solúveis e nutrientes, a exemplo da aplicação de dejetos de animais, tendem a reduzir a porcentagem e a atividade da espécie $Al^{3+}$ na solução do solo, reduzindo a toxidez às plantas. Isso indica que o benefício da aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) para as culturas, pode não se restringir apenas ao aumento na disponibilidade de nutrientes essenciais, mas também na diminuição da disponibilidade de elementos não essenciais, potencialmente tóxicos como Al, e na menor necessidade de calagem.

O trabalho objetivou avaliar a distribuição das espécies de Al na solução de um Argissolo com histórico de aplicações de DLS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na realização deste estudo utilizou-se amostras indeformadas de solo derivadas de um experimento implantado no ano 2000, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria (RS), sobre um solo Argissolo Vermelho Distrófico arênico (SANTOS et al., 2013). O experimento foi conduzido sob sistema de plantio direto (SPD), aonde foram realizadas 19 aplicações de DLS nas doses de 0, 20, 40 e 80 $m^3$ $ha^{-1}$, aplicadas a lanço na superfície do solo.

### Coleta das amostras indeformadas de solo

Em janeiro de 2008 foram coletadas colunas indeformadas de solo, utilizando tubos de PVC (20 cm de diâmetro e 65 cm de altura), acoplados a um coletor de monólitos que foi inserido manualmente no solo até 60 cm de profundidade.

### Coleta do solo e extração da solução

Inicialmente foi restabelecida a umidade do solo com a adição de água destilada durante 30 dias. Na sequência as colunas foram abertas lateralmente e procedida à coleta de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm. A solução foi extraída por pasta de saturação, adaptado do extrato aquoso proposto por Wolt (1994).

### Análise química da solução e especiação iônica

Em uma porção da solução foi determinado o pH. O restante foi filtrado a 0,45 µm e determinado o carbono orgânico dissolvido; os teores de Al, Ca, Mg, Zn, Cu, Zn, Mn, K, Fe e P (ICP Perkin-Elmer); e os teores de $NO_3^-$, $SO_4^{-2}$ e $Cl^-$ (Cromatografia iônica). A especiação iônica foi realizada usando o programa computacional Visual Minteq (versão 2.15 - GUSTAFSSON, 2012), a partir da média das três repetições dos atributos determinados na solução, obtendo-se a distribuição percentual das espécies de Al solúvel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie química $Al^{+3}$ que apresenta maior potencial fitotóxico (ALLEONI et al., 2010), foi observada em maiores proporções nas camadas mais profundas em todos os tratamentos (**Figura 1**). Este aumento da porcentagem de $Al^{+3}$ em profundidade provavelmente ocorreu devido a diminuição na concentração de ligantes orgânicos e inorgânicos, uma vez que os nutrientes tendem a se concentrar na camada superficial, nos solos manejados em SPD e submetidos a fertilizações em superfície. Com a menor concentração de ligantes em profundidade o Al predomina na forma livre, apenas coordenado por moléculas de água $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ (RUTKOWSKA et al., 2015).

A espécie de Al complexada com compostos orgânicos dissolvidos (AlCOD) foi predominante na solução da maioria das camadas avaliadas no solo sem adição de DLS. Este incremento na porcentagem de AlDOC provavelmente ocorreu pela menor concentração de ligantes inorgânicos, especialmente de fósforo (P) e sulfato ($SO_4^{-2}$) no solo sem adição de DLS, em relação aos solos que receberam as aplicações de DLS. Esta evidência é reforçada, pois nos solos submetidos as aplicações de 20, 40 e 80 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS, ocorreu aumento na proporção do Al complexado com P ($AlHPO_4^+$), com os maiores incrementos observados nas camadas superficiais em todas doses de DLS (**Figura 1**). Nas camadas mais profundas o aumento na proporção de $AlHPO_4^+$ ocorreu de forma mais expressiva, quando do uso de 40 e 80 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS. A menor influência das aplicações de DLS na porcentagem de $AlHPO_4^+$ em profundidade aconteceu por causa da baixa mobilidade do P no perfil do solo, em sistema de plantio direto e com aplicações de DLS em superfície (DE CONTI et al., 2015).

A formação da espécie química $AlHPO_4^+$ pode reduzir o risco de toxidez de Al às plan-

tas, por reduzir a proporção da espécie $Al^{+3}$, no entanto, a formação de $AlHPO_4^+$ reduz a disponibilidade de P às plantas, devido a absorção pelas plantas ocorrer na forma de ortofosfato (SCHACHTMAN et al., 1998). Assim, altas concentrações de Al podem prejudicar o desenvolvimento de plantas, tanto de forma direta pela toxidez, mas também indiretamente, diminuindo a disponibilidade de elementos como o P.

## CONCLUSÕES

Aplicações de DLS por longo período aumenta a proporção das espécies $AlHPO_4^+$ e $AlSO_4^+$ na solução do solo, com maior intensidade nas camadas superficiais.

A proporção de $Al^{+3}$ aumenta em profundidade, independentemente da aplicação ou não de doses de DLS.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq, Fapergs e CAPES, pelos recursos financeiros e bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

Alleoni LRF, Cambri MA, Caires EF, Garbuio FJ. Acidity and aluminum speciation as affected by surface liming in tropical no-till soils. Soil Sci Soc Am J. 2010;74: 1010–1017. doi:09.0254/sssaj2009.0254

De Conti L, Ceretta CA, Ferreira PAA, Lourenzi CR, Girotto E, Lorensini F, Tiecher TL, Marchezan C, Anchieta MG, Brunetto G. Soil solution concentrations and chemical species of copper and zinc in a soil with a history of pig slurry application and plant cultivation. Agr Ecosy Environ. 2016;216: 374–386. doi: 10.1016/j.agee.2015.09.040

De Conti L, Ceretta CA, Ferreira PAA, Lorensini F, Lourenzi CR, Vidal RF, Tassinari A, Brunetto G. Effects of pig slurry application and crops on phosphorus content in soil and the chemical species in solution. R. Bras. Ci. Solo. 2015;39: 774-787. doi: 0.1590/01000683rbcs20140452

Gustafsson JP. Visual Minteq. 2012 [Acessado em: 23 jun. 2018]. Disponível em: http://www.lwr.kth.se/english/oursoftwaer/Vminteq/

Nogueirol RC, Monteiro FA, Azevedo RA. Tropical soils cultivated with tomato: fractionation and speciation of Al. Environ Monit Assess. 2015;4: 160187. doi: 10.1007/s10661-015-4366-0

Nolla A, Anghinoni I. Atividade e especiação química na solução afetadas pela adição de fósforo em Latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. R. Bras. Ci. Solo. 2006;30: 955-963. doi: 10.1590/S01000683200600000005

Rutkowska B, Szulc W, Hoch M, Spychaj-Fabisiak E. Forms of Al in soil and soil solution in a long-term fertilizer application experiment. Soil Use Manag. 2015;31: 114–120. doi: doi.org/10.1111/sum.12150

Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiol. 1998;116: 447-453. doi: 10.1104/pp.116.2.447

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Oliveira JB, Coelho MR, Lumbreras JF, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2013.

Sposito G. The environmental chemistry of aluminum. Boca Raton, Fl.: Lewis Publishers; 1995.

Vieira FCB, He ZL, Wilson C, Bayer C. Speciation of aluminum in solution of an acidic sandy soil amended with organic composts. Comm in Soil Sc and Plant Analysis. 2009;40: 2094–2110. doi: 10.1080/00103620902960617

Wolt JD. Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture. New York: John Wiley & Sons; 1994.

Zambrosi FCB, Alleoni LRF, Caires EF. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. Sci. Agric. 2008;65: 190–203. doi: 10.1590/S010390162008000200013

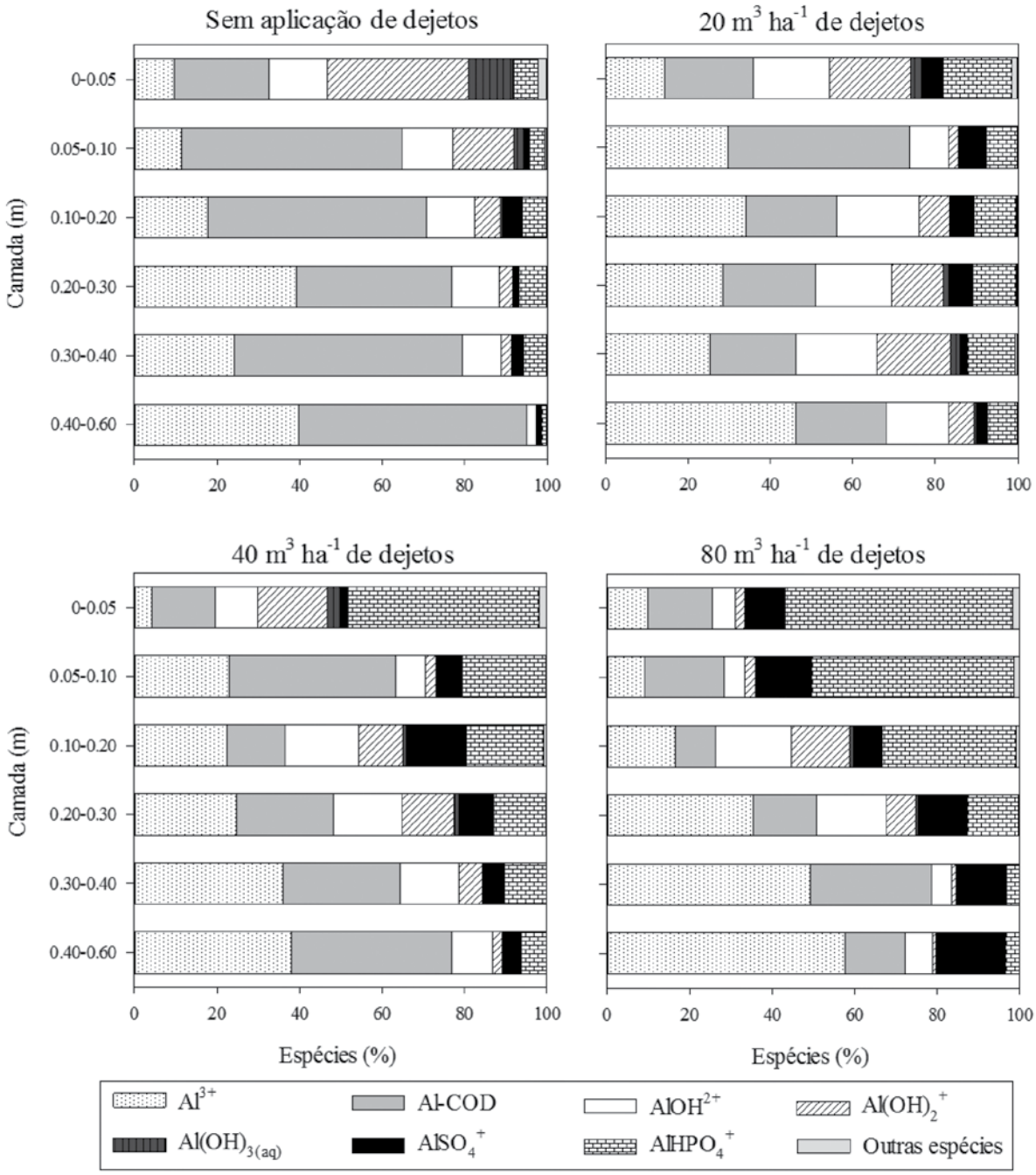



**Figura 1.** Espécies químicas de Al na solução de um Argissolo Vermelho submetido à aplicação de dejetos líquidos de suínos obtidas a partir do programa computacional Visual Minteq (versão 2.15 - Gustafsson, 2012). Outras espécies correspondem a $Al(OH)_4^-$, $Al_2(OH)_2^{+4}$, $Al(SO_4)^{2-}$ e $Al_2PO_4^{+3}$.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Exportação de macronutrientes em milho para silagem: existe influência da escarificação do solo e das plantas hibernais de cobertura?

Letícia Conzatti Piccinini[1]; Jeniffer Berté Valer[3]; [3]; Leonardo Vicente Kroth[3]; Mateus Westerhofer Goulart[3]; Luciano Pinzon Brauwers[3]; Thamires Rodrigues de Sá Valle[4]; Amanda Posselt Martins[2]

[1]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre/RS, CEP 91540-000, E-mail: leticia_piccinini@hotmail.com; [2]Professora do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); [3]Graduando(a) em Agronomia da UFRGS; [4] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRGS

## INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma atividade extremamente importante para a economia brasileira e gaúcha. No Rio Grande do Sul (RS), o leite situa-se como o quinto produto agropecuário de maior valor bruto (Departamento de Políticas Agrícolas e Desenvolvimento Rural, 2020). Um dos principais entraves para a o sucesso da atividade leiteira é a produção de alimento em quantidade e qualidade adequadas para suprir as necessidades do rebanho, sobretudo a custos competitivos. Neste contexto, a utilização de forragens conservadas é estratégica para suprir vazios forrageiros, ajustes de dieta, e alimentação de animais confinados de alta produção.

O milho é a cultura mais utilizada para a produção de silagens, por associar elevada produtividade a elevado valor nutritivo (NUSSIO, 1991), o que se deve principalmente à participação dos grãos de milho como fonte de amido. No entanto, o manejo de uma lavoura de milho destinada à produção de silagem de planta inteira, requer tratos culturais diferenciados daqueles destinados a lavoura de milho para colheita de grãos, especialmente em relação à fertilidade do solo e à adubação, visto que a exportação de nutrientes é muito superior na colheita da planta inteira se comparada à colheita apenas de grãos (SBCS/NEPAR, 2017).

Além disso, o manejo do sistema de produção, como a adoção de calagem para reposição de cálcio e magnésio que são altamente exportados (PHIPPS & WELLER, 1979), a escarificação do solo como medida para romper camadas compactadas a aumentar a produtividade de grãos, (GIACOMELI et al., 2016) e a semeadura de diferentes plantas de cobertura de inverno precedendo a semeadura da lavoura de milho, pode alterar a dinâmica de nutrientes (AMADO & MIELNICZUK, 2000), e o crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, alterando também a demanda nutricional destas plantas.

Objetiva-se com este trabalho avaliar se a escarificação, a calagem e as plantas hibernais de cobertura influenciam na exportação dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em plantas de milho para silagem, e se os valores obtidos

correspondem aos disponíveis pelas literaturas de recomendação de adubação do Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento utilizado situa-se em Roca Sales/RS, em um Cambissolo Háplico com 28% de argila, e com teores de P, K, cobre (Cu) e zinco (Zn) classificados como muito altos (CQFS-RS/SC, 2016). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos principais são compostos por manejos de solo, sendo T1) Plantio direto sem calagem, T2) Plantio direto com calagem superficial; T3) Plantio direto com calagem superficial e com escarificação. Sobre estes tratamentos principais foram alocados os tratamentos secundários, que consistem em diferentes plantas de cobertura na fase hibernal, sendo T1) Aveia (*Avena sativa*); T2) Aveia em consórcio com ervilhaca (*Vicia sativa*); T3) Nabo (*Raphanus sativus*), e T4) Pousio (plantas espontâneas).

O experimento teve início em abril de 2018, e as avaliações foram realizadas na primeira safra de verão, de 2018/2019. A produtividade de matéria seca (MS) das plantas hibernais de cobertura no inverno de 2018 foi de 5,0 t $ha^{-1}$ para aveia, 4,75 t $ha^{-1}$ para a aveia em consórcio com ervilhaca, 5,9 t $ha^{-1}$ para o nabo e 2,9 t $ha^{-1}$ para o pousio. Essa produtividade foi determinada com o corte de 0,25 $m^2$ rente ao solo e posterior secagem e pesagem, conforme Tedesco et al. (1995). Após essa avaliação, ocorrida em 20/09/2018, as plantas foram dessecadas para implantação da lavoura de milho para silagem.

A semeadura do milho (híbrido BM 3066 Pro2) foi realizada em 29/10/2018, com espaçamento entre linhas de 0,5 m com 69.000 sementes/ha. A adubação da lavoura consistiu na adição somente de N, para uma expectativa de produção de 18 t MS/ha. A adubação de base consistiu em 30 kg/ha de N para o milho cultivado após aveia (T1), e 20 kg/ha de N para o milho cultivado após aveia em consórcio com ervilhaca (T2), o nabo (T3) e o pousio (T4). A fonte da adubação de base foi o adubo YaraBela, cuja composição é de 27% de N, 5% de Ca, 4% de enxofre (S). A adubação de cobertura consistiu em 205 kg/ha de N divididos em duas aplicações, sendo 105 kg/ha de N no estádio V4 e 105 kg/ha de N no estádio V8. A fonte das adubações de cobertura foi a ureia comum, composta de 45% de N. A colheita das plantas de milho ocorreu em 07/02/2019 quando atingido o estádio R5.5, com aproximadamente 35% de MS. A determinação da produtividade de MS foi realizada através do corte de plantas de milho em 1 metro linear, na altura de 0,5 m do solo.

Posteriormente à colheita das plantas, foi determinado o seu teor de MS e a produtividade por área. Com o material vegetal seco e moído, procedeu-se a determinação dos teores de N, P e K, Ca e Mg no tecido. A metodologia seguiu aquela recomendada por Tedesco et al. (1995).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $p<0,05$) e, quando significativos, ao teste de comparação de médias de Tukey ($p<0,05$). Para apresentação da variabilidade dos dados, realizou-se a estatística descritiva para elaboração de gráficos do tipo *boxplot*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de produtividade de MS do milho para silagem evidenciaram, em todos os tratamentos, produtividade acima da expectativa esperada, realizada para a adubação nitrogenada conforme o Manual de Calagem e Adubação do RS e de Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016), que era de 18 t MS $ha^{-1}$. Independentemente do manejo de solo, as coberturas antecessoras ao milho de aveia e aveia em consórcio com ervilhaca, tiveram as maiores produtivida-

des do milho para silagem (média de 26,6 t MS $ha^{-1}$), seguidas de menores produtividades no milho cultivado após nabo e pousio (média de 21,8 t MS $ha^{-1}$) (Figura 1). Portanto, considerando-se os diferentes patamares produtivos atingidos, a exportação de nutrientes deste estudo refere-se a produtividades médias de 76 t de matéria verde (MV) $ha^{-1}$ a 62 t MV $ha^{-1}$ ao teor médio de 35% MS.

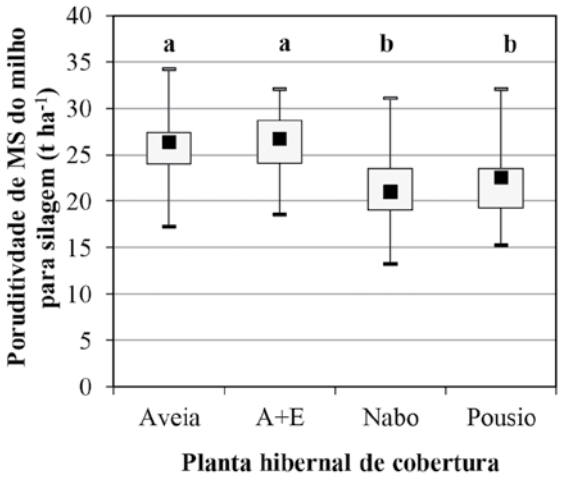



Figura 1. Produtividade de matéria seca (MS) do milho para silagem de planta inteira com diferentes plantas hibernais de cobertura antecedendo o seu cultivo, na média dos diferentes manejos de escarificação e calagem do solo. A+E: aveia em consórcio com ervilhaca. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Safra 2018/2019, Roca Sales, RS, Brasil.

Apesar das diferenças observadas na produtividade de MS do milho para silagem conforme a planta hibernal de cobertura, a exportação dos nutrientes N, $P_2O_5$, $K_2O$, CaO e MgO não foram influenciados pelos diferentes manejos de solo e as diferentes plantas hibernais de cobertura. As maiores quantidades de nutriente exportadas foram na seguinte ordem: $K_2O$ > N > $P_2O_5$ > MgO > CaO.

A quantidade média de $K_2O$ exportado foi de 20,5 kg $K_2O$ $t^{-1}$ MS, variando de 15,9 a 25,8 kg $K_2O$ $t^{-1}$ MS. A quantidade média de N exportada foi de 12,8 kg N $t^{-1}$ MS, variando de 10,4 a 15,0 kg de N $t^{-1}$ MS (Figura 2).

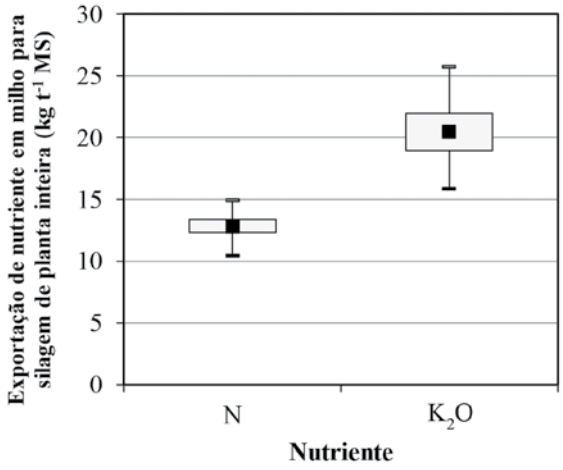



Figura 2. Exportação de nitrogênio (N) e potássio ($K_2O$) em milho para silagem de planta inteira, na média de diferentes manejos de escarificação e calagem do solo e de diferentes plantas hibernais de cobertura antecedendo o seu cultivo. Safra 2018/2019, Roca Sales, RS, Brasil.

A quantidade média de $K_2O$ exportada que foi encontrada neste trabalho encontra-se próxima à indicada para cada tonelada de MS adicional a ser produzida de milho para silagem, conforme a CQFS RS/SC (2016), que é de 20 kg $t^{-1}$ de $K_2O$. Além disso, esse valor também está de acordo com a extração de $K_2O$ por tonelada de grãos produzida pelo milho, de acordo com a SBCS-NEPAR (2017), que é de 20,5 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ por tonelada adicional de grão. No entanto, vale salientar a grande variabilidade dos dados obtidos na mesma lavoura, com as mesmas condições de estresses bióticos e abióticos, apenas com diferentes manejos de solo e diferentes plantas antecessoras, que foi de cerca de 10 kg $K_2O$ $t^{-1}$ MS (Figura 2). Extrapolando essa variação para a produtividade de MS do milho que foi obtida (Figura 1), isso significaria uma variação de mais de 200 kg $K_2O$ $ha^{-1}$ pensando em uma adubação de reposição.

Para a quantidade de N exportado, os valores encontraram-se inferiores aos indicados pela CQFS RS/SC (2016) (considerando a tonelada adicional) e pela SBCS-NEPAR (2017) (considerando extração e exportação por t grãos $ha^{-1}$), que é de 15 e 21,5 kg $ha^{-1}$ de N, respectivamente. Da mesma forma que para o K, levando em conta a alta produtividade da safra 2018/2019, a variação encontrada nos dados obtidos no experimento resultariam em variação de mais de 100 kg $ha^{-1}$ de N e, se comparado às recomendações técnicas do Sul do Brasil (CQFS RS/SC, 2016; SBCS-NEPAR, 2017), de até mais de 200 kg $ha^{-1}$ de N, considerando uma adubação de reposição de nutrientes exportados.

A quantidade média de $P_2O_5$ exportada foi de 4,2 kg $t^{-1}$ MS, com valores variando entre 3,1 e 5,2 kg $t^{-1}$ MS (**Figura 3**). Ao contrário do $K_2O$ e do N, os valores situam-se abaixo dos indicados por SBCS-NEPAR (2017) e CQFS RS/SC (2016), que são de 8,9 e 10 kg $t^{-1}$ MS para $P_2O_5$. Em relação às quantidades exportadas de CaO e MgO, os valores médios encontrados no presente estudo foram de 2,0 e 3,6 kg de CaO e MgO, tendo os valores de MgO variando entre 2,9 e 4,3 e os valores de CaO variando entre 1,2 e 2,8. Os teores de CaO e MgO exportados situam-se próximos aos obtidos pela SBCS-NEPAR (2017), que é de 3,4 kg $t^{-1}$ MS para MgO.

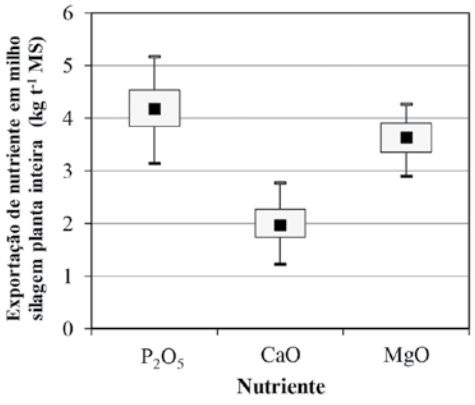



**Figura 3.** Exportação de fósforo ($P_2O_5$), cálcio (CaO) e magnésio (MgO) em milho para silagem de planta inteira, na média de diferentes manejos de escarificação e calagem do solo e de diferentes plantas hibernais de cobertura antecedendo o seu cultivo. Safra 2018/2019, Roca Sales, RS, Brasil.

Em relação ao $P_2O_5$, é esperado maior exportação pelas estruturas reprodutivas em relação à estruturas vegetativas. Fatores como densidade de semeadura, disponibilidade de água e nutrientes, além de época de semeadura e temperatura na estação de crescimento afetam o índice de colheita, que refere-se a fração de grãos em relação à matéria seca total da planta (DURÃES et al., 2002). Com isso, diversos fatores genéticos e fenotípicos podem alterar os teores extraídos, além de fatores relativos à colheita, como a altura de colheita do milho para silagem, pode alterar a exportação. Ainda que os dados obtidos neste estudo tratem de um mesmo híbrido, os valores médios de extração dos macronutrientes analisados apresentaram alta variabilidade em relação à média. Porém, não houve diferença na exportação, em relação aos tratamentos. Com isso, é importante que os estudos sejam seguidos, buscando aumentar o banco de dados e a significância estatística, para possibilitar entender e dimensionar a variabilidade dos dados.

## CONCLUSÕES

Os diferentes manejos de solo e de plantas de cobertura de inverno antecessoras não afetaram a exportação de nutrientes no tecido do milho para silagem.

Os valores médios obtidos de $K_2O$ encontram-se de acordo com as literaturas regionais para a extração e exportação, enquanto os valores de CaO e MgO encontraram-se próximos. Para os valores de N e $P_2O_5$ os valores situaram-se abaixo dos encontrados nas literaturas regionais.

## REFERÊNCIAS


AMADO, T.J.C. & MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.553-560, 2000.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo- RS/SC. Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

Departamento de Políticas Agrícolas e Desenvolvimento Rural - Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2020, Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

DURÃES, F.O.M et al. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 2002 v.1, n.1, p.33-40,

GIACOMELI, R. et al. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, p. 261-270, 2016.

NUSSIO, L. G. Cultura do milho para produção de silagem de alto valor nutritivo alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, Piracicaba, 1991. Anais..., Piracicaba: FEALQ, 1991. P.59-168.

PHIPPS, R.H. WELLER, R.F. The development of plant components and their effects on composition of fresh and ensiled forage maize, 1 The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. J. of Agric. Sci., Cambridge, v.92, n.2, p.471-484, 1979.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1986. (Special Report, 48).

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Estadual Paraná. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná – Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p. ISBN:978-85-69146-04-9.

TEDESCO, M. J. et al.,. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fertilizantes fosfatados com tecnologia de liberação na cultura da soja sob latossolo vermelho argiloso distrófico

Murilo Mendes Machado [1]; Edilson Sousa Santos [2]; Victor Gustavo Soares Ribeiro [3]; Lara Lucia Gonçalves [4] Leticia Borges de Bessa [5] Carlos Henrique Heiterer de Souza [6]

[1] Estudante de graduação em Agronomia e estagiário na Central de Análise e Fertilidade do Solo, UNIPAM, Rua Diacui-383-apt 301, Murilomendes@unipam.edu.br; [2] Estudante de graduação em Agronomia e estagiário na Central de Análise e Fertilidade do Solo; UNIPAM; [3] Estudante de graduação em Agronomia e estagiário na Central de Análise e Fertilidade do Solo; UNIPAM, [4] Estudante de graduação em Agronomia e estagiário na Central de Análise e Fertilidade do Solo; UNIPAM;[5] Engenheira agrônoma[6]

## INTRODUÇÃO

A soja (Glycine maxL. Merril) é um dos cereais mais produzidos no Brasil e no mundo, sendo cultivada praticamente em todo território nacional (SEGATELLI, 2004). Esta cultura na safra 2019/2020 teve um total de 36.949,8 mil hectares plantadas e 124.844,5 mil toneladas, um aumento em 3% e 4,3% respectivamente quando comparado a safra 18/19 (CONAB, 2020).

Quando nos referimos a nutrição de plantas, o fósforo (P) se constitui no maior limitante para a produção de grãos no Brasil (WERNER, 2020) devido sua baixa disponibilidade no solo ocasionado pelo alto grau de intemperismo na maioria dos solos brasileiros (SOUSA, LOBATO, 2004).

O P tem função na planta no armazenamento e transferência de ATP, na respiração, fotossíntese, como metabolismo de lipídios, hidrogênio, oxigênio, carbono e na permeabilidade de membranas (MEURER et al., 1981).

A principal forma de fornecer o P as plantas é via fertilizante, e este pode chegar a ser adsorvido pelo solo em alguns casos até 90% e acontecer nas primeiras horas em contato com os fertilizantes (NOVAIS, 2007). Este fato, faz com que os fertilizantes fosfatados tenham que ser aplicados em alta porcentagem na sua sua grande maioria, compensando as percas de eficiência pelo alto poder de adsorção aos óxidos de Fe (ferro) e Al (alumínio) nos coloides destes solos (SOUSA; LOBATO, 2004). Com isso, este fato é explicável, devido a necessidade de fornecer os níveis suficientes do nutriente para que a capacidade produtiva da cultura seja alcançada (SOUSA; LOBATO, 2004).

Vários fatores podem interferir na eficiência da adubação fosfatada, dentre eles temos as fontes escolhidas e a tecnologia empregada nestes fertilizantes (QUINTINO, 2018). Os fertilizantes revestidos com tecnologias de liberação visam reduzir as perdas do nutriente por adsorção, podendo ocasionar redução significativa da dose a ser aplicada e ganho lucrativo em produção (PREZOTTI, 2019).

Tendo em vista o contexto abordado, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os benefícios das tecnologias de liberação em fer-

tilizantes fosfatados na cultura da soja sob um latossolo vermelho argiloso distrófico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Lanhoso no município de Patos de Minas-MG que possui altitude de 840 m em relação ao nível do mar. O clima da região é caracterizado como tropical com estação seca de acordo com a Kopper.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (3 x 4) + 1, sendo três fontes de fertilizantes fosfatados, quatro doses de $P_2O_5$ + controle sem adição de $P_2O_5$, com quatro repetições.

Os tratamentos foram constituídos das fontes: MAP convencional, MAP polimerizado e MAP + substância húmica (Tabela 1), e as doses utilizadas foram (40, 80, 120, 160) kg há de $P_2O_5$.

**Tabela 1.** Fontes utilizadas no experimento de "Fertilizantes fosfatados com tecnologia de liberação na cultura da soja sob latossolo vermelho argiloso distrófico". UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2020.

| Fertilizantes | Concentração |
|---|---|
| MAP convencional | 10-52-00 |
| MAP polimerizado (1) | 10-50-00 |
| MAP + substancias húmica (2) | 10-49-00 |

(1)Polímero Kimcoat®; (2)Produto comercial Phusion®

A área do experimento já se encontra como área agricultável por muitos anos. Para a semeadura foi se feito sulcos de plantio manualmente para aplicação dos tratamentos e posteriormente realizado o semeio manual com matracas utilizando a cultivar DESAFIO 8473 RSF e população de 18 sementes por metro linear, na profundidade de 5 cm, no espaçamento de 0,5 cm entre linhas, com quatro linhas de plantio e sete metros de comprimento, totalizando uma parcela de 14 $m^2$. Para a determinação da área útil da parcela foi-se excluído as duas linhas laterais e 0,5 m das extremidades, totalizando 6 $m^2$.

Para motivo de igualar as diferenças de nitrogênio (N) pelas formulações, foi se incrementado ureia para as mesmas proporções do nutriente no plantio. Para a adubação de potássio (K) no plantio, foi se recomendado 80 kg há utilizando o fertilizante Cloreto de Potássio.

Para a colheita do experimento para reprodução da produtividade, foi feito manualmente a coleta de todas as plantas na área útil experimental, acopladas em sacos limpos e novos, posteriormente levadas até a fazenda experimental EPAMIG, e feita a trilhagem dos grãos.

Após a trilhagem as amostras foram levadas para o laboratório CeFert no UNIPAM e realizado a pesagem com auxílio de balança analítica de 5 kg.

Os resultados foram submetidos á análise de variância. As médias referents ás fontes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de $P_2O_5$ foram avaliadas por meio de análise de regressão, sendo utilizado o programa Sisvar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as médias de produtividade da soja quando comparado as fontes testadas, não foi observado diferença estatística a 5% de probabilidade. (Tabela 2).

**Tabelas 2:** Sacas de soja quando analisado as fontes testadas, UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2020.

| Fontes | Sacas |
|---|---|
| Controle | 46,41 a |
| MAP convencional | 49,12 a |
| MAP + substancias húmicas (1) | 54,34 a |
| MAP polimerizado (2) | 57,26 a |
| CV% | 17 |

Médias seguidas com a mesma letra não diferem estatisticamente a Tukey em 5%. (1) Produto comercial Phusion®; (2) Polímero Kimcoat®

Dos santos (2020), encontrou resultados similares quando comparou diferentes fontes de fósforo em região do Cerrado. Isso pode-se explicar pela pluviosidade via sistema de irrigação ou pluviosidade de chuvas que ocasionam a melhor diluição das fontes, as deixando solúveis em tempos similares, fortalecendo assim apenas características quantitativas.

Para os resultados do desdobramento da análise de regressão quantos as doses testadas, se observou uma curva linear, obtendo a maior produtividade em sacas por hectare quando utilizado a dose de 160 kg há (Figura 1).

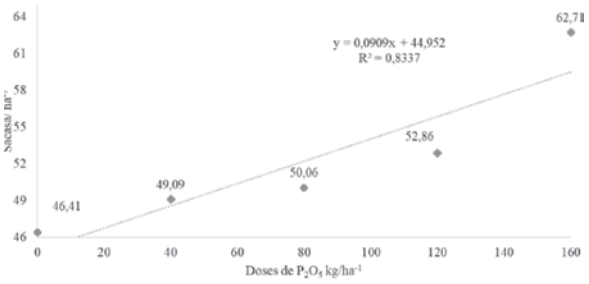



Figura 1. Sacas de soja por hectare obtidas em função das doses de $P_2O_5$, UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2020.

De acordo com Novais e Smyth (1999), a recomendação em solos com baixos teores disponíveis de P para culturas anuais como a soja, varia de 90 a 120 kg há de $P_2O_5$. Já wener (2020) em trabalho realizado no cerrado brasileiro em Latossolo amarelo distrófico obteve melhores resultados quando aplicado ao sulco de plantio uma dosagem de 270 kg há de $P_2O_5$. Estes altos valores encontrados pelos autores, também foram observados no atual trabalho, obtendo respostas significativas em curva linear, mostrando o comportamento de solos altamente intemperizados do cerrado brasileiro como os Latossolos e sua alta demanda de aplicação de $P_2O_5$ para incrementação de produtividade na soja.

## CONCLUSÕES

Para as características do solo presente no experimento se obtém resultados lineares ao acréscimo de $P_2O_5$, obtendo melhor resposta a produtividade em 160 kg há de $P_2O_5$.

Para fontes e interações doses x fontes, não se obtém respostas significativas entre si nos parâmetros testados.

**AGRADECIMENTOS:** Agradeço a equipe de pesquisa do laboratório CeFert e ao UNIPAM pela estrutura e suporte a pesquisa cientifica desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Wellington Farias; SAMPAIO, Regynaldo Arruda; DE MEDEIROS, Roberto Dantas. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 129-134, 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab: Acomp. safra bras. grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-68, setembro 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos.

DOS SANTOS[1], Adaniel Sousa et al. Características morfofisiológicas da soja em latossolo amarelo submetida a diferentes fontes de fertilizantes fosfatados no cerrado piauiense. Revista de ciências agronômicas v.29, n.3, p.300-312, 2020.

MEURER, E. J., WANG, G. M.; WANG, S. R. Função dos nutrientes e sintomas de deficiências. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C., ed. A soja no Brasil. Campinas: ITAL, 1981. p.156-167. Biblioteca(s): Embrapa Soja.

NOVAIS, R.F.& SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399p Novais, R. F.; smyth, t. j.; nunes, f. n.

fósforo. in: novais, r. f.; alvarez v., v. h.; barros, n. f.; fontes, r. l. f.; cantarutti, r. b.; neves, j. c. l. (ed.). **fertilidade do solo**. 1 ed. viçosa: sbcs. cap.8, p. 471-550, 2007.

PREZOTTI, L. C. et al. Produtividade de cafeeiro Conilon (Coffea canephora) submetidos a diferentes dose de fertilizantes fosfatado revestido e não revestido. 2019.

QUINTINO, V.L. Fertilizante de liberação lenta na produção de grãos e na sorção de fósforo no solo. verde, goiano–if goiano-campus rio 2018.

SEGATELLI,CR. Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura da Euleunice coracana. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E. Adubação Fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T.; ADDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/ Anda. Cap. 6, p. 157-168, 2004.

WERNER, Carla Janaina et al. Adubação fosfatada em soja: produtividade e qualidade fisiológica das sementes/Phosphate fertilization in soybean: seed productivity and physiological quality. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36157-36177, 2020.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fonte e dose de adubos fosfatados no cultivo do trigo

Alcira Sunilda Valdez Ibañez[1]; Elvio Torres[2]

[1] Pesquisador, Facultad de Ciencias Agrarias Filial San Pedro de Ycuamandyyú, Universidad Nacional de Asunción, Monseñor Guffantí y las Residentas, San Pedro de Ycuamandyyú, San Pedro (alcira.valdez@agr.una.py).
[2] Estudante, Facultad de Ciencias Agrarias Filial San Pedro de Ycuamandyyú, Universidad Nacional de Asunción, Monseñor Guffantí y las Residentas, San Pedro de Ycuamandyyú, San Pedro

## INTRODUÇÃO

No Paraguai, são cultivados cerca de 450.000 ha de trigo anualmente, cuja produção abastece as indústrias locais de farinha e o grão excedente é exportado para outros países (estimativas de 2020, produção de 1.250.000 t, dos quais cerca de 600.000 t serão exportados (ENCISO, 2020)). O trigo é uma das principais culturas de inverno na agricultura empresarial.

O Norte do Paraguai (San Pedro e parte de Caaguazú), é uma das zonas agroclimáticas de produção de trigo que se caracteriza por invernos quentes e secos, em comparação com a zona mais adequada do Sudeste do país com um clima semitemperado e úmido ( Alto Paraná e Itapúa), e solos arenosos (VILLALBA, 2019) com baixa fertilidade natural. Nesta zona produtiva a disponibilidade de fósforo (P) é baixa (JORGGE, 2012), podendo se tornar um dos nutrientes que limitam a produtividade do trigo, e às vezes esse problema é agravado pela presença de alumínio e argilas oxidadas que definiu o P (VALDEZ, 2013).

A adoção do sistema de plantio direto está aumentando na agricultura empresarial. Embora CUBILLA, (2012) mencione que essas condições de manejo do solo exercem ação benéfica sobre a disponibilidade de P no solo para a cultura de grãos, porém, a aplicação de fertilizantes fosfatados é fundamental para obter rendimentos satisfatórios e devolver ao solo o que é exportados com as safras.

P é essencial para um bom crescimento de raízes e mudas, melhora a eficiência do uso de água, acelera a maturação e é importante para a formação de sementes (SANABRIA et al. 2000). A eficiência do P aplicado via fertilizante no primeiro ano de cultivo é de apenas 5 a 20% (SILVA 2007) e é condicionada pelas fontes de fósforo, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (CORRÊA et al. 2004).

Atualmente no mercado de adubos, são oferecidas diferentes fontes de fósforo: fontes convencionais e solúveis, como superfosfato simples e superfosfato triplo, e aquelas que contêm complexos fosfo-metálicos húmicos que poderiam proteger o P da fixação, como superfosfatos complexos.

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos de diferentes fontes e doses de aplicação de fertilizantes fosfatados para a cultura do trigo na zona agro-climática do norte do Paraguai.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Facultad de Ciencias Agrarias, Filial San Pedro de Ycuamandyyú, Universidad Nacional de Asunción (24° 04 'S, 57° 05' O, 90 m. s.n.m.), entre os meses de abril e julho de 2014. O solo é um alfissolo de textura franco-arenosa, estrutura de blocos subangulares e boa drenagem (LÓPEZ et al. 2005), com as seguintes características químicas: pH ($H_2O$) 5,1; P Mehlich[1] (mg $dm^{-3}$): 4,28 e matéria orgânica: 12,1 g $kg^{-1}$.

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas divididas em blocos com arranjo fatorial de 10 tratamentos (fontes: superfosfato simple e superfosfatos complexos e doses: 0, 30, 60, 90 e 120 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$) com 4 repetições. A semeadura do trigo (variedade Canindé 13) foi realizada diretamente sobre a palha da soja (safra de verão) com espaçamento entre linhas de 0,4 m para uma densidade de plantio de 600.000 pl $ha^{-1}$. As unidades experimentais tinham 5 m de comprimento com 5 linhas de cultivo. Na fase de formação das espigas e carregadas com grãos, foram detectados fungos do gênero Fusarium e aplicado carbendazim mais flusilazol.

As variáveis avaliadas foram: comprimento da espiga (medição das espigas da base até a zona terminal, cm), número de espiguetas por espiga (contagem de espiguetas, un $espiga^{-1}$), grãos por espiga (contagem de grãos por espiga, un. espiga1) e rendimento de grãos (colheita da parcela útil, kg $ha^{-1}$).

A análise de variância foi realizada de acordo com o desenho utilizado e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% e análise de regressão, utilizando o software infostat (DI RIENZO et al., 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios do comprimento da espiga, número de espigas por espiga e o número de grãos por espiga são apresentados na **Tabela 1**. Nenhum efeito significativo foi registrado no comprimento da espiga devido ao efeito do fator de origem, dose e interações ($p \leq 0,80$; $p \leq 0,11$; $p \leq 0,81$ respectivamente) e a média geral foi de 9,5 cm (Tabela 1). Esses resultados corroboram o obtido por BENÍTEZ (2001).

O número de espigas por espiga e o número de grãos por espiga foram influenciados pelas doses de $P_2O_5$ aplicadas ($p \leq 0,01$ $p \leq 0,003$, respectivamente). As fontes e a interação não foram significativas ($p \leq 0,59$; $p \leq 0,61$; $\leq 0,50$; $p \leq 0,52$ respectivamente. A aplicação de P2O5 independentemente da dose aumentou em média 2 espiguetas por espiga e 4 grãos por espiga em plantas de trigo em relação ao controle sem P **(Tabela 1)**.

Os valores obtidos no número de espiguetas por espiga são semelhantes aos relatados por BAIBI et al. (2005) e METCALFE et al. (1987) mencionam que normalmente existem 14 a 17 espiguetas em um pico. O aumento dos componentes do rendimento do trigo é esperado com a aplicação do P uma vez que segundo ESTEVES (2004), o P faz parte das estruturas celulares, como os ácidos nucléicos e fosfolipídios das membranas, bem como os componentes de armazenamento metabólico de energia como o ATP, importante para a translocação de carboidratos, ácidos graxos e intermediários essenciais.

Tabela 1. Comprimento da espiga, espiguetas para espigas e grãos por espiga devido ao efeito das doses de $P_2O_5$ aplicadas.

| Dose $P_2O_5$ | Comprimento da espiga | Espiguetas por espiga s | Grãos por espiga |
|---|---|---|---|
| kg há$^{-1}$ | cm | ----------un. espiga$^{-1}$----- | |
| 0 | 9,0ns | 17b[(1)] | 48b |
| 30 | 9,7 | 18ab | 51a |
| 60 | 9,6 | 19a | 53a |
| 90 | 9,9 | 19a | 54a |
| 120 | 9,7 | 19a | 54a |
| CV (%) | 6,6 | 6,0 | 7,9 |

ns= no significativo

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Diferenças significativas foram registradas no rendimento de grãos devido ao efeito das doses de P205 aplicadas ($p \leq 0,004$, fontes e interação não apresentaram diferenças significativas $p \leq 0,62$; $p \leq 0,98$, respectivamente). Os rendimentos registrados em função das doses permitiram um ajuste significativo para a regressão polinomial y = 0 ,07x $^2$ + 13,9x + 1597 (Figura 1).

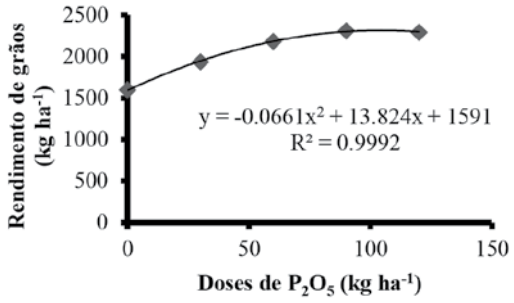



Figura 1. Rendimento de granos de trigo em função das doses de $P_2O_5$ aplicadas com duas fontes de adubação fosfatada.

A dose máxima de eficiência técnica foi de 99 kg de $P_2O_5$ ha com 2.273 kg ha $^{-1}$. A dose máxima de eficiência econômica (90% da produção máxima) foi de 42 kg $P_2O_5$ ha com rendimento de 2.046 kg.ha $^{-1}$.

## CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, podese concluir que:

As fontes de fósforo não influenciaram os caracteres agronômicos do trigo avaliado.

A aplicação de $P_2O_5$ aumenta em 12% e 8% o número de espiguetas por espiga e o número de grãos por espiga no trigo, respectivamente, e são responsáveis pelo aumento na produção de grãos.

Recomenda-se a aplicação de 42 kg $P_2O_5$ ha.

## REFERÊNCIAS

Baibi CN; Ferrero AR; Garcia PA. 2005. Ensayo de cultivares de trigo en la província de Santa Fe. [Acessado em: 4 nov 2014]. Disponível em ww.unne.edu.ar/unevieja/web/cyb/com2005/5Agrarias/A-030.pdf.

Benitez, 2001. Comportamiento de líneas s, de trigo derivados de poblaciones mejoradas por seleccion recurrente. [Acessado em: 11 nov 2014]. Disponível em: Adobe Acrobat Document/storage/emulated/o/Dowload/8a.pdf.

Corrêa JC, Mauad M, Rosolem CA. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciada pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. Pesq. agropec. bras., Brasília.2004; 39(12):1231-1237

Cubilla M, Wendling A, Eltz F, Amado T, Mielniczuk A. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay, PY. Junio 2012 [Acessado em: 27 set. 2020]. Disponível em: https://capeco.org.py/wpcontent/uploads/2011/06/LIBRO-Recomendaciones-de-Fertilizacion-para-ParaguayMartin.pdf

Di Rienzo, JÁ, Casanoves F; Balzarini MG, González, L, Tablada M, Robledo CW. Infostat versión 2008. Grupo Infostat. Univerdidad Nacional de Cordoba, AR, 2011

Enciso V. Trigo: datos estadísticos y comentários. Abril 2020. [Acessado em: 27 set. 2020]. Disponível em: http://www.agr.una.py/ecorural/cultivo/trigo_abril_2020.pdf

Esteves JAF. Substituição de fosfato solúvel por reativo em soja cultivada em semeadura direta em função de níveis de fósforo e modo de aplicação. [dissertação]. Botucatu, BR. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2004

Jorgge MV. Clasificación del nivel de fosforo disponible del suelo de la Región Oriental del Paraguay. [dissertação] Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, 2012

López OE, González E, De Llamas PA, Molinas AS, Franco ES, García S, Rios E. Reconocimiento de suelos y capacidad de uso de las tierras; Región Oriental. Paraguay. MAG /Dirección de Ordenamiento Ambiental. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra. Convenio 3445 P.A– Banco Mundial, 1995

Metcalfe DF, Elkilnins DM. 1987. Producción de cosechas, Fundamentos y prácticas. Primera Edición. 1987.p. 509 – 511

Sanabria D, Tenías J, Silva-Acuña R, Rojas IL de.. Evaluación de fertilizantes fosfatados en un suelo ácido de sabana del estado Monagas. 2000; 18(3):261-276.

Silva JA da. Aplicação inicial de P2O5 no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi. [dissertação]. Areia, BR. Universidade Federal da Paraíba, 2007

Valdez AS. Efecto de fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en cultivos de soja y sésamo. [dissertação] San Lorenzo: Universidad Nacional de Asunción, 2013

Villalba A. Producción del cultivo de trigo en Paraguay. [Acessado em: 27 set. 2020]. Disponível em: http://www.campoagropecuario.com.py/notas/682/produccion-del-cultivo-de-trigo-en-paraguay

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fontes Alternativas de Nitrogênio e Plantas de Cobertura na Cultura do Trigo

Mateus Junior Rodrigues Sangiovo[1]; Claudir José Basso[2]; Fernanda Marcolan de Souza[3]; Eduarda Vargas de Souza Leandro[4]; Taylene Borges da Silva Marinho[5]

[1]Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS, Frederico Westphalen – RS, 98400-000, mateus.sangiovo03@gmail.com; [2]Professor Doutor, do curso de Agronomia e do Programa de Pós Graduação na Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS; [3]Mestranda pelo Programa de Pós Graduação Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS; [4]Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS; [5]Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS.

## INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum*) se destaca dentre as principais *commodities* agrícolas, sendo o cereal mais importante economicamente durante o inverno para as regiões no Sul do Brasil, onde a área total cultivada no território nacional na safra 2020 obteve um aumento de 14,1%, Conab (2020). Assim, buscas por melhores estratégias sobre as práticas agronômicas para a cultura são fundamentais quando se almeja elevar a produtividade de grãos com rentabilidade ao produtor.

As gramíneas em geral, necessitam de um alto aporte de Nitrogênio (N) no decorrer de seu desenvolvimento, sendo aplicado pela maior parte dos produtores durante a fase vegetativa. Este macro nutriente é considerado de maior importância para a cultura do trigo, pelo fato de ser o elemento mais exportado pela planta e responsável em potencializar a produtividade final de grãos através do aumento significativo sobre o número de perfilhos, número de grãos por espiga e peso de grãos (VIAN et al., 2018).

Atualmente este N tem sido disponibilizado as plantas via aplicação de N mineral (ureia) pelos produtores em geral, apresentando riscos em sua utilização por possíveis perdas deste nitrogênio por volatilização de amônia ($NH_3$) quando manejado em aplicação em cobertura sobre condições inadequadas (GUELFI, 2017).

Neste contexto, buscar estudar fontes alternativas de N, tem sido fundamental quando se tem por objetivo aumentar a eficiência sobre o uso deste nutriente pelas plantas e diminuir os custos.

A cama de aves tem se apresentado como uma alternativa ao produtor, podendo substituir total ou parcialmente a adubação nitrogenada, podendo liberar 50% deste nutriente no primeiro cultivo e 20% para a cultura subsequente. Além disso, a cama de aves contém outros macro nutrientes importantes para a nutrição das plantas, como o fósforo e o potássio, sendo que a liberação dos nutrientes ocorre de forma mais lenta e gradual durante o ciclo da cultura o que favorece a diminuição por perdas, além de bene-

ficiar o acúmulo de matéria orgânica ao solo no decorrer dos anos (COFS – RS/SC, 2016).

O sistema de plantio direto (SPD), desempenha importante função na manutenção do ambiente de produção, sendo fundamental essa prática agronômica muito bem pensada e manejada no sistema. A utilização de plantas de cobertura como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e a aveia preta (*Avena strigosa schereb*) cultivados de forma isolada ou consorciados, durante o período de outono/inverno, beneficiam as culturas subsequentes, através da ciclagem de nutrientes, na supressão de plantas daninhas, além da diversificação de raízes que possibilitam a criação de canais (bioporos) no perfil do solo e a produção de diferentes exsudatos, sendo estes, fatores importantes para a cultura do trigo que apresenta um sistema radicular pouco agressivo, superficial.

Assim o objetivo do presente estudo foi utilizar diferentes fontes alternativas de N, plantas de cobertura no sistema de produção e seu impacto na produtividade final de grãos na cultura do trigo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado durante a safra 2019 na área experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS (UFSM/FW), (27º 23' 51" S e 53º 35' 19" W). Clima subtropical úmido "Cfa", classificado segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.881 mm, altitude de 450m e temperatura média de 19 °C. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, profundo e bem drenado, Embrapa (2013).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com 3 repetições. As dimensões das parcelas principais eram de 20m de comprimento por 3m de largura, totalizando uma área de 60m$^2$ e nas subparcelas 5m de comprimento por 3m de largura, o equivalente a uma área de 15m$^2$.

A área vinha sendo manejada sobre SPD, com rotação de culturas. Nas parcelas principais empregou-se as plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo, onde a semeadura foi realizada no dia 29/03/2019, com auxílio de semeadora semeato SHM modelo 15/17, composta por 17 linhas no espaçamento de 0.17m, utilizando as seguintes espécies, (aveia preta 100kg ha$^{-1}$, nabo forrageiro 15kg ha$^{-1}$ e o consórcio aveia preta 40%, 40kg ha$^{-1}$ + nabo forrageiro 60%, 9kg ha$^{-1}$). No dia 07/06/2019, efetuou-se a dessecação das plantas de cobertura, com aplicação de herbicida glifosato ZAPP QI 620, na dose de 2.0 L/ha + óleo mineral assist 1.5 L/ha.

A semeadura do trigo foi realizada no dia 18/06/2019, com auxílio da mesma semeadora utilizada para implantação das plantas de cobertura, sendo a cultivar certero na densidade de semeadura de 130kg ha$^{-1}$ de semente. Para a adubação de base utilizou-se 190kg ha$^{-1}$ de Super Fosfato Triplo (46% de $P_2O_5$) na linha de semeadura e 75kg ha$^{-1}$ de Cloreto de Potássio (60% de $K_2O$) a lanço após a semeadura.

Nas subparcelas empregaram-se as seguintes fontes alternativas de N, 100% via mineral Ureia (45% de N), 100% via Cama de aves, CA (2.75% de N), 50% CA + 50% Ureia e a Testemunha sem adubação nitrogenada. A quantidade total de nitrogênio aplicada aos tratamentos correspondeu a 87.5kg ha$^{-1}$ de N, sendo manejado da seguinte forma. Para o tratamento 100% CA aplicou-se toda a quantidade logo após a semeadura, sendo 3.182kg ha$^{-1}$ de CA, já no tratamento 50% CA + 50% Ureia aplicou-se 1.591kg ha$^{-1}$ de CA + 44.4kg ha$^{-1}$ de ureia logo após a semeadura e 52.8kg ha$^{-1}$ em cobertura no final do perfilhamento, inicio de elongação e no tratamento 100% Ureia aplicou-se 44.4kg ha$^{-1}$ após semea-

dura, mais 150kg $ha^{-1}$ em cobertura, no final do perfilhamento, inicio de elongação.

No manejo fitossanitário, controle de pragas e doenças foi realizado o mesmo para os diferentes tratamentos, seguindo as recomendações para a cultura do trigo, Reunião (2018). A colheita do trigo foi realizada manualmente no dia 22/10/2019, em uma área útil correspondente a 2.55$m^2$, sendo 5 linhas centrais com 3m de comprimento de cada subparcela, após efetuou-se a pesagem de cada amostra individual e determinou-se a umidade, os dados foram agrupados e a umidade corrigida para 13%, estimando a produtividade final de grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas por meio do teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro com auxílio do programa estatístico SISVAR 5.6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as diferentes plantas de cobertura estudadas, observa-se na (Tabela 1) que na média para a produtividade final de grãos não houve diferença estatística entre as mesmas, mas se analisarmos os valores numericamente, quando utilizado o nabo forrageiro solteiro como planta de cobertura, a produtividade de grãos foi superior, (73.79 sc $ha^{-1}$). Este resultado deve-se ao fato do nabo forrageiro ser uma espécie que entrega excelente ciclagem de nutrientes, em especial o nitrogênio que é o elemento mais exportado pela cultura do trigo, além da relação C/N do nabo ser relativamente baixa, o que favorece a rápida degradação da biomassa produzida, onde os nutrientes serão disponibilizados ainda nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do trigo. (NETO, 2017) trabalhando com diferentes plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo, também verificou melhor desenvolvimento inicial da cultura, quando utilizado o nabo forrageiro.

Na média das diferentes fontes alternativas de N estudadas (Tabela 1), nota-se que houve diferença estatística, onde a testemunha sem adubação nitrogenada obteve valor inferior aos demais tratamentos (52.28 sc $ha^{-1}$). Já quando aplicado N na cultura, independente da fonte, observa-se que não houve diferença estatística nos valores de produtividade de grãos, mas numericamente uma superioridade quando da associação da CA + ureia como fonte de N (79.59 sc $ha^{-1}$).

Nas condições deste estudo fica claro a importância da utilização do nitrogênio e das plantas de cobertura para a cultura do trigo, onde se observa um incremento de (23.76 sc $ha^{1}$) no comparativo entre a testemunha e a média das diferentes fontes alternativas de N.

## CONCLUSÕES

Não houve diferenças na produtividade de trigo cultivado em sucessão a diferentes plantas de cobertura. A Cama de aves pode ser usada como fonte alternativa de N em substituição total e/ou parcial a adubação mineral.

**AGRADECIMENTOS:** Trabalho apoiado pelo programa FIPE SÊNIOR 2020.

## REFERÊNCIAS

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira: Décimo primeiro levantamento de grãos, agosto/2020. [Acessado em: 23 ago. 2020]. Disponível em: file:///D:/Usuario/Downloads/GraosZagosto-Zcompl etoZ2020%20(2).pdf.

CQFS. Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

11. ed. Santa Maria: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

GUELFI, Douglas. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. Informações Agronômicas, n. 157, p. 1-14, 2017. Disponível em: <http://www.ipni.net/PUBLICATION/IABRASIL.NSF/0/90DE38570A7216CB832580FB00 6E3B4/$FILE/Jornal-157.pdf>. Acesso em: 30. ago. 2020.

NETO, Francisco Skora; CAMPOS, Antonio Carlos. PLANTAS DE COBERTURA ANTECEDENDO A CULTURA DE TRIGO. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4036/02a2c3bba5b56719a661a331d9901831fba6.pdf>. Acesso: 02. set. 2020.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2018 / XI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Cascavel, Pr. 2018. 258 p.

VIAN, André Luis et al. Manejo do nitrogênio em trigo baseado no índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Ciência Rural, v. 48, n. 9, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v48n9/1678-4596-cr48-09-e20170743.pdf>. Acesso em: 30. ago. 2020.

**Tabela 1.** Produtividade final de grãos da cultura do trigo em (sc $ha^{-1}$), diante as diferentes Fonte Alternativas de Nitrogênio e Plantas de Cobertura estudadas. Frederico Westphalen – RS, safra 2019.

| | Plantas de Cobertura | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fonte de Nitrogênio | Aveia + Nabo | Aveia preta | Nabo forrageiro | Média |
| Testemunha | 51.11 b | 50.18 b | 55.56 b | 52.28 b |
| Ureia | 68.34 a | 72.22 a | 78.06 a | 72.87 a |
| Cama de Aves | 69.70 a | 74.56 a | 82.74 a | 75.67 a |
| Cama de Aves + Ureia | 76.25 a | 83.71 a | 78.82 a | 79.59 a |
| Média | 66.35 a | 70.16 a | 73.79 a | |
| CV (%) | | 9.89 | | |

Valores e médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade de erro.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fontes de Fosfato Derivadas de Lodo de Esgoto – Potencial Agronômico

Henrique Rasera Raniro[1]; Paulo Sergio Pavinato[2]

[1]Mestrando em solos e nutrição de plantas, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba - SP, 13.418-900, henrique.raniro@usp.br; [2]Professor Associado, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

## INTRODUÇÃO

O fósforo, elemento essencial às plantas, é considerado o nutriente mais problemático para a agricultura em regiões tropicais, devido às baixas concentrações naturais de P encontradas nesses solos, além de sua complexa dinâmica de fixação e imobilização na fração coloidal, dificultando ou impossibilitando sua absorção pelas plantas (BRADY & WEIL, 2013).

Em função da baixa eficiência da adubação fosfatada nestes solos tropicais devido às reações com a fração argila, fontes de P de baixa solubilidade em água, conhecidas como de lenta liberação, estão sendo estudadas, buscando prolongar o período de solubilização do P, reduzindo assim sua interação com o solo e aumentando sua eficiência (NOVAIS, et al., 2007). Trenkel (1997) definiu fertilizantes de liberação lenta como aqueles que contêm um nutriente em uma forma na qual sua disponibilidade é retardada ou está disponível para absorção pela planta por mais tempo do que um fertilizante de referência, neste caso, os fosfatos acidulados "rapidamente disponíveis", tais como TSP ou MAP.

A produção de fertilizantes fosfatados provém de fontes minerais, as rochas fosfáticas, que são finitas e não renováveis. Por outro lado, a estruvita ($MgNH_4PO_4$) é um fertilizante mineral que pode ser obtido por reciclagem, através da precipitação química a partir do lodo de esgoto, e tem sido estudada como alternativa às fontes de P não renováveis. Além de ambientalmente correta, a estruvita é menos solúvel em água quando comparada aos fertilizantes convencionais e, portanto, pode ser mais eficiente em sistemas agrícolas, solubilizando-se lentamente e permitindo maior absorção pelas plantas (CABEZA et al., 2011).

Também, as cinzas de lodo de esgoto (SSA) são outra forma de recuperar P, feita por meio da incineração termoquímica do material. Sob altas temperaturas (> 900 °C), são gerados alguns compostos fosfáticos biodisponíveis. Ao mesmo tempo, elementos tóxicos como arsênio, cádmio e chumbo são evaporados. Após o tratamento adequado das cinzas, é criado um fertilizante com P concentrado que pode ser usado na agricultura (HERMANN & SCHAAF, 2019).

O presente trabalho tem como objetivos caracterizar estes fertilizantes quanto a composição, solubilidade e dinâmica no solo, comparando estes parâmetros ao superfosfato triplo, o fertilizante mineral mais comumente utilizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos, foi realizado um experimento em laboratório, no qual, por meio de colunas de lixiviação, foram avaliadas a solubilização na solução solo dos fertilizantes provenientes de reciclagem do tratamento de lodo de esgoto: estruvita, hazenite e ashdec, sendo comparados com o fertilizante mineral superfosfato triplo (TSP).

O experimento foi realizado em laboratório, no delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos: controle; Hazenite; AshDec; Estruvita e Superfosfato Triplo, caracterizados conforme seus teores de nutrientes (**Tabela 1**). Cada tratamento contou com 4 repetições.

**Tabela 1.** Teores totais e solúveis (%) de nutrientes dos fertilizantes utilizados.

| Fertilizantes | Ca | Mg | Pt | P HCi |
|---|---|---|---|---|
| **Estruvita** | - | 8.3 | 28.7 | 28.4 |
| **AshDec** | - | 1.4 | 16.6 | 15.6 |
| **Hazenite** | - | 7.3 | 24.7 | 24.3 |
| **Superfosfato Triplo** | 10 | - | 45.0 | 45.0 |

*Pt = P total; PHCi = P solúvel em ácido cítrico.

No ensaio, foi utilizado solo de textura média (Latossolo Vermelho - Amarelo), com baixa disponibilidade de P (5 mg $dm^{-3}$), conforme caracterização química (**Tabela 2**).

As colunas foram confeccionadas por tubos termoplásticos acrílicos. Uma tampa de náilon, protegida por membrana permeável (para impedir passagem de solo), foi acoplada na extremidade inferior dos tubos e foi furada, onde foi fixada uma mangueira de plástico para coletar a água percolada. As colunas foram então colocadas em um suporte de madeira na posição vertical, sendo adicionados a cada uma 50 g de solo seco e peneirado. Em seguida, foi adicionada água destilada até a saturação.

Posteriormente, foram adicionados os fertilizantes que compuseram os tratamentos, na dose de 100 mg por coluna de P total. Na sequência, foram adicionados 10 mL de água por dia durante 30 dias consecutivos, e então, a cada dois dias por mais 30 dias, totalizando 60 dias de avaliação. A solução lixiviada de cada coluna foi coletada e analisada quanto ao valor de pH e teor de P, sendo este último determinado por espectrofotometria, pela metodologia descrita por Murphy & Riley (1962).

### Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ("oneway" ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, para a comparação de médias duas a duas. Também foi feito o teste-t (LSD), comparando os valores diários de liberação entre os fertilizantes. Todas as análises foram feitas considerando $P < 0,05$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### pH da solução

Para os valores de pH da solução (**Figura 1**) foi possível verificar que para a estruvita e Superfosfato Triplo houve redução do pH à medida que o P estava sendo liberado para a solução do solo ao longo do tempo de avaliação, inferindo a ocorrência de reação ácida.

O tratamento TSP promoveu uma queda rápida, mas não sustentada do pH, passando de uma média de 6,68 no dia 0 para 4,38 no dia 1, e começou a aumentar imediatamente após, retornando ao primeiro valor no dia 23, no qual se manteve até o final do experimento. A estruvita, por outro lado, não diminuiu imediatamente o pH da solução, mas o manteve relativamente estável (7,35 - 7,10) até por volta do dia 20, quando começou a descer até atingir seu valor mínimo (5,53) no dia 60. A diminuição do pH é coincidente com a maior solubilização de P desta fonte.

As demais fontes (AshDec e Hazenite) aumentaram ligeiramente o pH da solução, mas nunca voltaram ao ponto de partida, o que pode significar que mais P ainda poderia potencialmente ser solubilizado se prolongado o tempo de experimentação. O tratamento controle manteve o mesmo nível de pH durante todo o experimento.

## Solubilização de P

O tratamento que mais apresentou P solubilizado em 60 dias (Figura 2) foi o superfosfato triplo (52,80 mg col $^{-1}$), seguido da Estruvita (29,70 mg col $^{-1}$), hazenite (15,65 mg col$^{1}$), AshDec (0,98 mg col$^{-1}$) e controle (0,02 mg col$^{1}$). Com exceção controle e Ashdec, que não diferiram entre si em relação ao total de P solubilizado até os 60 dias, todos os demais diferiram entre si.

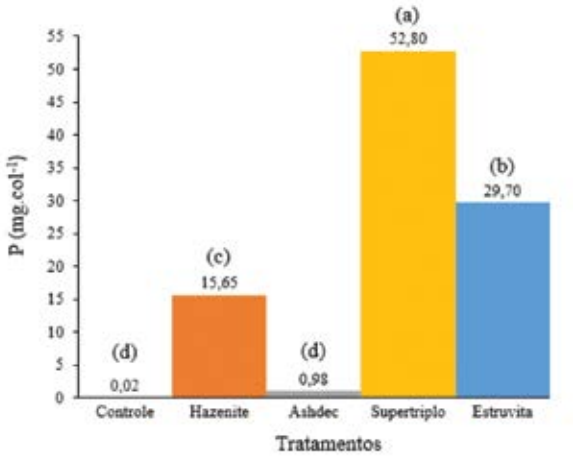



Figura 2. Total de P lixiviado por coluna aos 60 dias (mg col$^{1}$) em função da aplicação de solução sobre as fontes fosfatadas.

No cenário extremo proporcionado pelo experimento (dosagem x alta pluviosidade) a estruvita apresentou contraste interessante quando comparada ao TSP. Enquanto nos primeiros 5 dias o TSP liberou mais de 78% do total acumulado nos 60 dias, a estruvita liberou 94% de seu total entre os dias 25 e 60, atingindo o pico de liberação no dia 44 (Figura 3).

Embora o TSP tenha solubilizado a maior concentração de P no período analisado, essa liberação ocorreu em um breve período, após o qual foi consideravelmente reduzido para o restante do experimento. Esta fonte é normalmente aplicada no estabelecimento das lavouras, momento em que a demanda de P pelas plantas é mínima (EMBRAPA, 2016 & SARRUGE, 1963). Nesse cenário, as plantas não são capazes de absorver prontamente todos os fosfatos solubilizados, o que significa que grande parte irá ser adsorvida na fração coloidal.

Já a estruvita teve seu pico de solubilização mais tardio e prolongado (pico com duração de 35 dias ao invés de 5 dias observados no tratamento TSP) pode significar uma absorção potencialmente maior de fosfato, uma vez que neste ponto, em uma situação cultivada, as plantas estão comparativamente maiores e possuem estruturas de absorção mais desenvolvidas. Também é conhecido que a solubilidade da estruvita é principalmente ditada pelo pH do meio (TANSEL et al., 2017). Enquanto níveis elevados de pH (7 - 11) tendem a promover a cristalização da estruvita, o pH baixo aumenta sua solubilização (BHUIYAN et al., 2010).

Por esse motivo, a estruvita é considerada um fertilizante ativado pelas raízes, uma vez que a atividade da rizosfera desempenha um papel importante na acidificação do solo, aumentando assim o P disponível nesta região (HALL et al., 2020). Esta é uma possível razão pela qual a estruvita não atingiu os níveis de P solúvel liberado quando comparada ao TSP, já que no experimento não havia plantas.

Já o Hazenite, diferentemente do TSP e da estruvita previamente discutidos, não apresentou picos evidentes de liberação de P para a solução, ao invés disso, demonstrou relativa constância na solubilização de fósforo. Aumentos significativos de P em solução a partir do dia 4, atingindo seu valor máximo no dia 22, contudo

mantendo certa constância até o dia 28, onde se iniciaram alguns sinais de retração. Comparado ao TSP, o hazenite apresentou menor P solubilizado do dia 0 ao dia 8, sendo superior entre os dias 14 e 24, não havendo diferença estatística para os demais dias do intervalo. A característica de liberação deste fertilizante se mostrou intermediária ao TSP e a estruvita, sendo que a maior intensidade de solubilização de P se deu em um momento intermediário ao experimento, em contraste ao TSP (liberação inicial) e estruvita (liberação tardia).

Outro benefício da liberação de P lenta advinda dos fertilizantes recuperados é seu menor potencial de fixação na fração coloidal do solo, em função de sua taxa de liberação mais alinhada com a demanda dos cultivos. Dessa maneira, esses fertilizantes possuem a capacidade de aumentar a eficiência da adubação fosfatada em médio e longo prazo.

## CONCLUSÕES

Embora o TSP tenha solubilizado a maior quantidade de fósforo entre os tratamentos no período analisado, sua dinâmica de liberação não ocorre em alinhamento com a demanda das culturas, com muito rápida liberação inicial.

Os fertilizantes recuperados Estruvita e Hazenite apresentaram solubilização mais lenta, portanto, mostraram-se potencialmente aptos a liberar o P necessário às plantas em estádios mais avançados de seu desenvolvimento, reduzindo assim suas perdas por adsorção e sendo melhor aproveitados que o TSP.

Nas condições do experimento, o tratamento Ashdec não diferiu do controle na solubilização de P. possivelmente por apresentar uma liberação muito lenta no solo.

## REFERÊNCIAS

Bhuyian MIH, Mavinic DS, Beckie RD. A solubility and thermodynamic study of struvite, 2007. Environ. Technol. 28, 1015 – 1026.

Brady, N.C.; Weil, R.R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.

Cabeza R, Steingrobe B, Römer W, Claasen N. Effectiveness of recycled P products as P fertilizers, as evaluated in pot experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems (2011), 91 (2), 173.

Hall RL, Stall LB, Macintosh KA, et al. Phosphorus speciation and fertiliser performance characteristics: A comparison of waste recovered struvites from global sources. Geoderma, 2020.

Hermann L, Schaaf T. Outotec (AshDec) Process for P Fertilizers from Sludge Ash. In: Ohtake H, Tsuneda S. Phosporus recovery and recycling, 2019.

Murphy J & Riley I P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27:31-6, 1962.

Novais RF, Smyth TJ, Nunes FN. Fósforo. In: Novais, R.F.; Alvarez V, VH.; Barros NF, Fones RLF, Cantarutti RB, Nevers, JCL. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P.471537.

Oliveira Jr A de, Castro C de, Pereira LR, Domingos C da S. Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja. Embrapa soja, 2016.

Sarruge, JR, Andrade RG, Gomes L, Arzolla S, Graner,EA, Malavolta E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro: XIX. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 1966, *23*, 85-93.

Tansel B, Griffin L, Oscar M. Struvite formation and decomposition characteristics for ammonia and phosphorus recovery: A review of magnesium-amonniaphosphate interactions. Florida International University, Miami FL. Chemosphere, 2018.

Trenkel ME. Improving fertilizer use efficiency - Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. International Fertilizer Industry Association. Paris, december 1997.

Tabela 2. Caracterização química do solo antes da implantação do experimento.

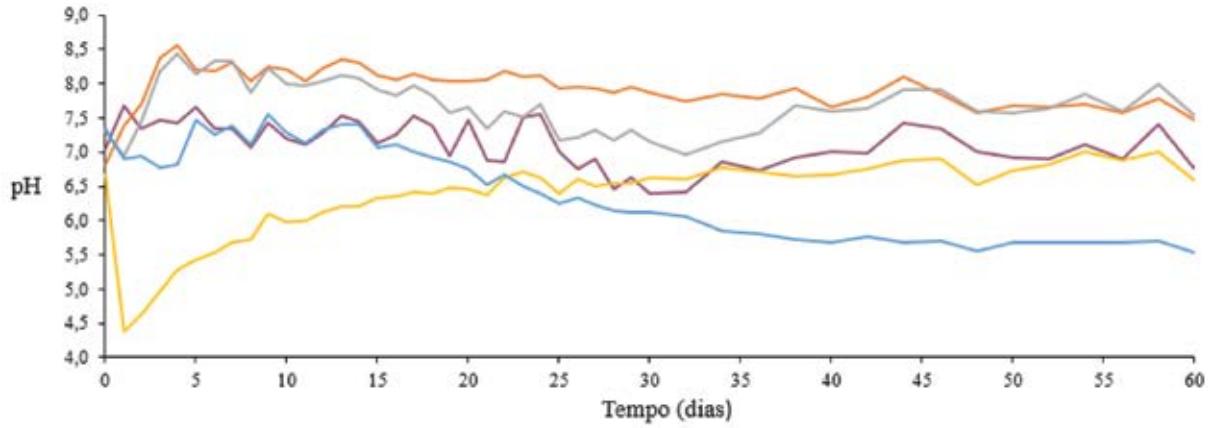



**Figura 1.** Valores de pH diário da solução lixiviada sob as fontes fosfatadas.

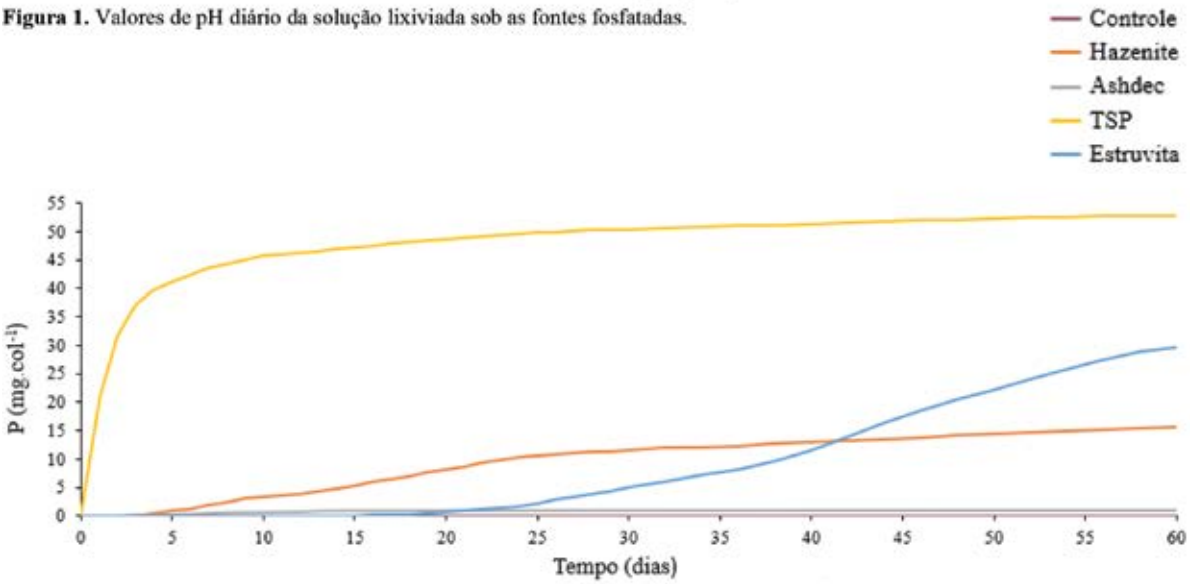



**Figura 3.** Cinética de liberação do P diariamente acumulado diário para cada fonte (mg $col^{-1}$).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fontes e doses de N afetam o estoque e a lixiviação de N inorgânico em um solo arenoso cultivado com algodão

Ana Flávia Rorato[1]; Carlos Felipe dos Santos Cordeiro[2]; Daniel Rodela Rodrigues[2]; Guilherme Dias Batista[2];Gustavo Ricardo Aguiar Silva[1]; Jaqueline Angelotti Hafemann[1];Fábio Rafael Echer[3]

(1) Graduanda em Agronomia; Universidade do Oeste Paulista,Universidade do Oeste Paulista,Rodovia Raposo Tavares, km 572 - Limoeiro, Pres. Prudente - SP, 19067-175, ana.rrt@outlook.com; [2] Mestrando em Agronomia: Universidade do Oeste Paulista;[3] Professor do Programa de Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista.

## INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente mais limitante à produção agrícola, principalmente em ambientes de solo arenosos, onde os teores de matéria orgânica são baixos e consequentemente o estoque de N no solo (Cordeiro e Echer, 2019).

No solo o N pode está na forma orgânica e inorgânica (nitrato e amônio), sendo que a fração inorgânica representa em torno de 5% do N total, já o N inorgânico representa em torno de 95% do N total (Durani et al., 2016), além disso existe a fração que está na biomassa microbiana, que varia entre 1 e 5% do N inorgânico (Corser et al., 2007).

O estoque de N no solo pode ser incrementado com a adição de materiais orgânicos como plantas de cobertura (Akhtar et al., 2019); cultivo de leguminosas que fixam N via FBN (Hungria e Mendes, 2014) e adubação mineral (Suzuki et al., 2017). Entretanto, o excesso de adubação nitrogenada pode aumentar a perdas de N no solo, principalmente por lixiviação.

Além de possuírem baixos teores no solo, as perdas de N por lixiviação ocorrem com maior intensidade, em solos arenosos, principalmente na forma de nitrato (Wang et al., 2010), e isso pode ser evitado pelo ajuste da dose de N ou pelo uso de fontes de liberação controlada.

Zhang et al. (2018)reportam que tanto as perdas de nitrato como de amônio são menores no solo pelo uso de fertilizantes de liberação controlada. Entretanto até o momento pouco se sabe do comportamento dessas fontes em ambientes de solos arenosos bem drenados e clima tropical, onde os índices pluviométricos são maiores, o que aumenta o risco de lixiviação.

O objetivo do estudo foi avaliar o estoque de N na fração inorgânica (nitrato e amônio) e a lixiviação em função das doses e fontes de N mineral aplicado no algodoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2018/2019 , no município de Presidente Bernardes – SP. O solo da área é classificado como Latossolo Argilúvico de textura arenosa (14% de argila) (EMBRAPA, 2018). O clima regional é classificado como tropical chuvoso (AwKoppen), com precipitação anual em torno de 1400 mm, concentrada principalmente entre os meses de outubro e maio.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos doses de N mineral: 70, 100 e 130 kg $ha^{-1}$ de N e as fontes de N: ureia (45 % N) e a ureia protegida (40% N e 8% S). As parcelas tiveram dimensões de 15x9 m e as subparcelas 4,5x9.

A área ficou em pousio na entressafra e em 22 /11/2018 o algodoeiro foi semeado com nove sementes $m^{-1}$ no espaçamento entre linhas de 0,9 m. A adubação de semeadura constou da aplicação de 250 kg $ha^{-1}$ de fosfato monoamônico (MAP) (25 e 125 kg $ha^{-1}$ de N e $P_2O_5$, respectivamente.

Aos 25 e 45 DAE foram aplicadas manualmente as doses de N mineral nas duas fontes. O algodoeiro foi colhido aos 150 DAE, e em maio de 2019, 25 dias da colheita do algodoeiro, coletou-se solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm três sub-amostras por parcela para determinação dos teores de nitrato e amônio, segundo metodologia descrita por Catarella e Trevelin (2011). No mesmo período coletou-se solo em anéis para determinar a densidade do solo, sendo elas 1,35; 1,44; 155 e 1,48 para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, respectivamente. Após isso foram calculados os estoques de nitrato e amônio no solo de 0-60 cm.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p$<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de amônio no solo aumentou 14% com aplicação de até 100 kg $ha^{-1}$ comparado a 70 kg $ha^{-1}$ na fonte ureia (Figura 1). Porém com ureia protegida ocorreu aumento de 20% no estoque de amônio no solo com a aplicação de 130 kg $ha^{-1}$ de N, comparado á menor dose usada. Não houve diferença entre as fontes de N dentro de cada dose (Figura 1).

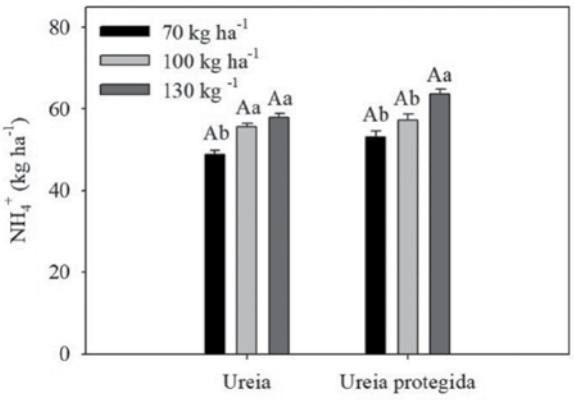



**Figura 1.** Estoque de amônio do solo (0-60 cm) após a colheita do algodoeiro, com diferentes doses e fontes de nitrogênio, maio 2019. Letras minúsculas comparam doses de N dentro de cada fonte. Letras maiúsculas comparam fontes dentro de cada dose de N.

Similar ao amônio, também não houve diferença entre as fontes de N para estoque de nitrato no solo. A aplicação de até 130 kg $ha^{-1}$ aumentou o estoque de N no solo para as duas fontes de N, 19% e 23% para ureia e ureia protegida, respectivamente (Figura 2).

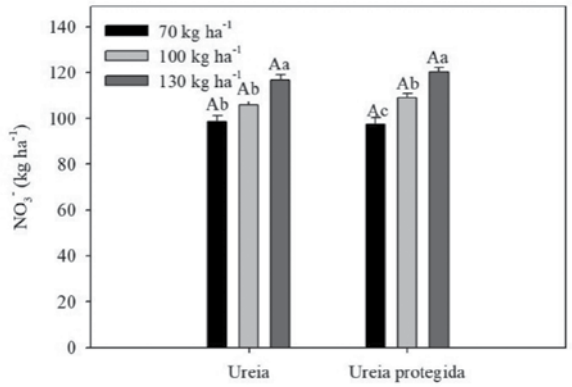



**Figura 2.** Estoque de nitrato do solo (0-60 cm) após a colheita do algodoeiro, com diferentes doses e fontes de nitrogênio, maio 2019. Letras minúsculas comparam doses N dentro de cada fonte. Letras maiúsculas comparam fontes dentro de cada dose de N.

O aumento da dose de N mineral aumentou os estoques tanto de amônio quanto de nitrato no solo (Figura 1 e 2), assim como reportando anteriormente (Suzuki et al., 2017). Entretanto, os estoques foram baixos, entre 50 e 60 kg $ha^{-1}$ para amônio e 100 a 120 kg $ha^{-1}$ para nitrato, indicando que os solos arenosos têm baixos estoques de N no solo e são mais dependentes da adubação mineral, como reportado anteriormente (Cordeiro e Echer, 2019). Além disso, nesses ambientes de produção os estoques de nitrato são maiores em relação a amônio, devido à alta atividade dos microrganismos nitrificantes de N.

Na profundidade de 0-10 cm os teores de amônio e nitrato foram maiores com ureia protegida, para a maioria das doses de N utilizadas,exceto para nitrato na dose de 130 kg $ha^{-1}$ de N. No entanto, na profundidade de 40-60 cmos teores de N inorgânico do solo (amônio e nitrato) foram menores com uso da ureia protegida,evidenciando a redução da lixiviação de N (Figura 3).

Porém para o nitrato, principal forma de N que é lixiviado, a aplicação de doses mais elevadas de N (130 kg $ha^{-1}$) reduz a diferença entra as fontes quanto á lixiviação no perfil do solo. Porém nas doses de 70 e 100 kg $ha^{-1}$ de N o teor de nitrato na profundidade de 0-10 cm é 30% maior em relação a 40-60 cm, enquanto na dose de 130 kg $ha^{-1}$ essa diferença é de apenas 12% (Figura 3f). Dessa maneira o uso da ureia protegida deve ser associado a doses moderadas de N, para evitar a lixiviação do nitrato.

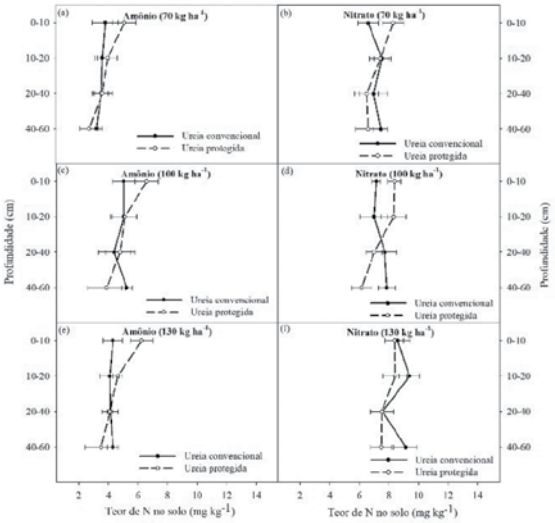



**Figura 3.** Lixiviação de amônio e nitrato no solo (0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm) após a colheita do algodoeiro, com diferentes doses e fontes de nitrogênio, maio 2019.

Em sistemas de produção de solos arenosos e bem drenados, os estoques de N inorgânico no solo são baixos e mais concentrados na camada de 0-20 cm. Entretanto, isso pode ser melhorado pelo uso de ureia protegida, pois com essa fonte há aumento da concentração tanto do amônio quanto do nitrato na camada de 0-10 cm, como reportado anteriormente (Zhang et al., 2018). Nesses ambientes o uso de doses mais altas de N deve vir precedido do planejamento do parcelamento da adubação ou pelo uso de fertilizantes de eficiência aprimorada.

## CONCLUSÕES

A aplicação de nitrogênio mineral aumenta os estoques de nitrato e amônio no solo, mas em altas doses aumenta os riscos de lixiviação. Apesar da ureia protegida não aumentar o estoque de N inorgânico no solo, essa reduz as perdas de N por lixiviação, principalmente nitrato.

**AGRADECIMENTOS**: Á Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela

bolsa de mestrado ao segundo autor. À Associação de Paulista dos Produtores de Algodão (APPA) pelo apoio financeiro a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Akhtar, K., Wang, W., Ren, G., Khan, A., Feng, Y., Yang, G., Wang, H. Integrated use of straw mulch with nitrogen fertilizer improves soil functionality and soybean production. **Environment International**. v. 132, p. 92-105, 2019.https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105092

Cantarella, H., Trivelin, P.C.O. (2001). Determinação de nitrogênio total em solo. In: Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H., Quaggio, J.A., Eds. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas,.285p.

Cordeiro, C.F.S., Echer, F.R. (2019). Interactive Effects of Nitrogen-Fixing Bacteria Inoculation and Nitrogen Fertilization on Soybean Yield in Unfavorable Edaphoclimatic Environments. **Scientificreports**. 9, 15606. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52131-7

Coser, T.R., Ramos, M.L., Amabile, R.F., Ribeiro Junior, W.Q. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.3, p. 399-406, 2007. http://dx.doi.org/10.1590/S0100204X2007000300014

Durani, A., Brar, B.S., Dheri, G.S. Soil Nitrogen Fractions in Relation to Rice-Wheat Productivity: Effects of Long-Term Application of Mineral Fertilizers and Organic Manures. **Journal of Crop Improvement**. v. 30, p. 399-420, 2016.http://dx.doi.org/10.1080/15427528.2016.1172145

Hungria, M. & Mendes, I.C. Nitrogen fixation with soybean: The perfect symbiosis? In: F.J. de Bruijn, editor, Biological nitrogen fixation. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ. 1009–1024 , https://doi.org/10.1002/9781119053095.ch99 (2015).

Suzuki, K., Matsunaga, R., Hayashui, K., Matsumoto, N., Tobita, S., Bationo, A., Okada, K. Effects of longterm application of mineral and organic fertilizers on dynamics of nitrogen pools in the sandy soil of the Sahel region, Niger. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 242, p. 76-88, 2017. http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.004

Wang, Q., Li, F., Zhao, L., Zhang, E., Shi, S., Zhao, W., Song, W., Vance, M.M. Effects of irrigation and nitrogen application rates on nitrate nitrogen distribution and fertilizer nitrogen loss, wheat yield and nitrogen uptake on a recently reclaimed sandy farmland. **Plant Soil**, v.337, p.325–339, 2010. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0530-z

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Frações de Fósforo no Solo em Sistema Integrado de Produção Agropecuária Tratado com Diferentes Fosfatos

Keli Cristina Silva Guera[1]; Adriel Ferreira da Fonseca[2]; Fernanda Ribeiro[3]; Matheus Climaco Quirelli[4]

[1] Doutoranda em Agronomia, Bolsista CAPES, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Avenida Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900, keliguera@outlook.com; [2] Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Adjunto, Universidade Estadual de Ponta Grossa; [3] Graduanda em Agronomia, Bolsista CNPq, Universidade Estadual de Ponta Grossa; [4] Graduando em Agronomia, Bolsista Fundação Araucária, Universidade Estadual de Ponta Grossa

## INTRODUÇÃO

O rendimento das culturas, em solos tropicais, é limitada pelas baixas concentrações de fósforo (P) disponível no solo. No entanto, o sistema de manejo pode contribuir para o enriquecimento desse nutriente no solo. Assim, o sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) é uma estratégia de manejo conservacionista do solo que pode aumentar as concentrações de P disponível ao longo do tempo e maximizar o uso eficiente de P (COSTA et al., 2014), resultando em menor demanda de insumos.

A utilização da técnica do fracionamento de P têm mostrado que as frações orgânicas e inorgânicas de P no solo podem atuar como fonte ou dreno para a solução no solo, dependendo das suas características ambientais, adubação e manejo do solo (GATIBONI et al., 2007; COELHO et al., 2019).

Nos sistemas conservacionistas do solo, como o SIPA, a dinâmica de P tende a ser mais complexa. A utilização de nutrientes, bem como a deposição de resíduos (vegetal + animal) no solo, podem alterar a distribuição de formas de P.

Além disso, a escolha da fonte fosfatada constitui um dos princípios importantes na nutrição de plantas, principalmente quando se almeja o aumento da eficiência de uso do P. Para isso, é necessária a compreensão dos fatores que governam a solubilidade e a disponibilidade de P no sistema. As fontes de maior solubilidade (como o superfosfato triplo e o termofosfato magnesiano) apresentam melhor desempenho em relação às menos solúveis, como o fosfato natural reativo, pois este último apresenta liberação lenta de P para as culturas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008; GUERA et al., 2020). Porém, quando se considera a produção acumulada de vários cultivos após a adubação, o desempenho de alguns fosfatos naturais pode se equiparar ao das fontes mais solúveis (GALETTO et al., 2014; GUERA et al., 2020).

A estratégia de adubação também contribui para a maximização do uso eficiente de P. A adubação de sistema ou antecipação da adubação pode ser uma prática interessante em sistemas de produção como o SIPA. Essa prática consiste na aplicação, da dose recomendada para a cultura de verão, no momento da semeadura da

cultura de inverno sendo incorporada ou a lanço (GALETTO et al., 2014; GUERA et al., 2020).

O objetivo do trabalho foi avaliar as frações de P no solo em SIPA, tratado durante cinco anos com fontes (superfosfato triplo, fosfato natural reativo – Arad e termofosfato magnesiano) e doses (0, 60, 120 e 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total) anuais de fosfatos, aplicados na superfície do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ao longo de cinco anos (abril/2009 a 2014), no município de Castro, Paraná, Brasil (latitude: 24°51'49", longitude: 49°56'61" e altitude média: 1.020 m). O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, com temperatura de 16,7ºC e precipitação média anual de 1565 mm. O solo foi classificado como Cambissolo Háplico argiloso (605, 225 e 170 g $kg^{-1}$ de argila, silte e areia, respectivamente), cujos atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm, no início do experimento, foram: pH ($CaCl_2$) 4,8; acidez total (H + Al) 9,2 $cmol_c$ $dm^{-3}$; saturação por bases 38%; Al, Ca, Mg e K trocáveis de 0,04; 3,1; 2,3 e 0,35 $cmol_c$ $dm^{-3}$, respectivamente; P (Mehlich-1) disponível 4,2 mg $dm^{-3}$; carbono orgânico total e o nitrogênio total Kjedahl de 29,6 e 2,0 g $dm^{-3}$, respectivamente.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial incompleto (3x3+1), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes fontes [superfosfato triplo (SFT), fosfato natural reativo - Arad (FNR) e termofosfato magnesiano (TFM)] e doses [controle absoluto (0 kg $ha^{-1}$), 60, 120 e 180 kg $ha^{-1}$] de $P_2O_5$ total, aplicado anualmente na superfície do solo, no momento da semeadura das culturas de inverno.

O controle da acidez do solo foi realizado apenas em 2008, sendo aplicado calcário dolomítico (3 Mg $ha^{-1}$) na superfície do solo (não incorporado) visando elevar a saturação por bases para 60%. Ao longo de 60 meses, com exceção do P, todos os demais nutrientes foram aplicados nas doses recomendadas, conforme os resultados de análise química do solo e exigência das culturas. Foram utilizados os fertilizantes cloreto de potássio (KCl) e ureia [$CO(NH_2)_2$] como fonte de K e N às plantas, respectivamente. Havendo necessidade, foram empregadas demais práticas agronômicas (tratamento de sementes, controle de plantas daninhas, pragas e doenças) de modo a permitir o adequado crescimento e desenvolvimento das culturas.

No período primavera-verão, durante o cultivo das culturas de grãos, a área experimental foi dividida em parcelas, correspondendo a uma área útil de 273 $m^2$. No período outono-inverno, foi adotado o sistema de pastejo rotacionado, em que a área experimental foi dividida em piquetes (totalizando 4 piquetes com 5525 $m^2$ cada). Novilhas da raça holandesa (5,2 unidades animal) permaneceram em cada piquete de 4 a 7 dias dependendo da espécie forrageira, respeitando-se a altura da pastagem para entrada (20 cm) e saída (10 cm) dos animais. A rotação de culturas durante o período experimental foi: (i) aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) (2009, 2011 e 2013); (ii) milho (*Zea mays* L.) (2009/10, 2011/12 e 2013/14); (iii) azevém (*Lolium multiflorum* L.) (2010 e 2012) e (iv) soja (*Glycine max* L.) (2010/11 e 2012/13).

No mês de abril, aos 60 meses após o início do experimento, foram coletadas amostras compostas de terra das camadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20 e 20 a 30 cm, mediante uso de trado calador. Em seguida, as amostras de terra foram secas em estufa a 40°C, destorroadas, moídas e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm. Foram determinadas as diferentes frações de P, a partir de fracionamento químico do P, de acordo com a metodologia de Hedley et al. (1982). Os extratores utilizados no fracionamen-

to foram, sequencialmente, resina trocadora de ânions em membrana ($Pi_{RTA}$), $NaHCO_3$ 0,5 mol $L^{-1}$ a pH 8,5 ($Pi_{bic}$ e $Po_{bic}$), NaOH 0,1 mol $L^{-1}$ ($Pi_{hid0,1}$ e $Po_{hid0,1}$), HCl 1,0 mol $L^{-1}$ (PiHCl), NaOH 0,5 mol L-1 (Pihid0,5 e Pohid0,5) e digestão com $H_2SO_4$ + $H_2O_2$ + $MgCl_2$ ($P_{residual}$). As frações orgânicas (Po) foram determinadas pela diferença entre o P total e o P inorgânico (Pi). As frações de P foram estimadas em 0 a 10 e 0 a 20 cm, com base na média ponderada das camadas de solo analisadas.

Os resultados das frações de P foram submetidos à análise estatística univariada, de acordo com o modelo experimental, em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial, para ambas as camada avaliada. Nos casos de F significativo ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS Versão 9.2 (SAS Institute Inc. 9.1.2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interações entre as diferentes fontes fosfatadas e doses de $P_2O_5$ total. As doses de $P_2O_5$ total influenciaram as concentrações das frações de P ($P<0,001$). No entanto, não houve diferenças para o uso de fontes e doses de fosfatos para as frações de P orgânico lábil do solo ($Po_{bic}$) e P residual ($P_{residual}$). Maiores concentrações de P inorgânico lábil ($Pi_{RTA}$ + $Pi_{bic}$) foram observados com a aplicação anual de 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total para as camadas de 0 a 10 cm (Figura 1A) e 0 a 20 cm (Figura 1B) após 60 meses de experimentação. A estreita relação entre as frações $Pi_{RTA}$ e $Pi_{bic}$ (as quais extraem a fração prontamente disponível para a reposição do P no solo) e sua sensibilidade à absorção de P pelas plantas, sugerem que esses compartimentos são sensíveis ao conteúdo de P na solução do solo e que, juntas, compõem o chamado P lábil do solo (CROSS; SCHLESINGER, 1995; GATIBONI et al., 2007; COSTA et al., 2014).

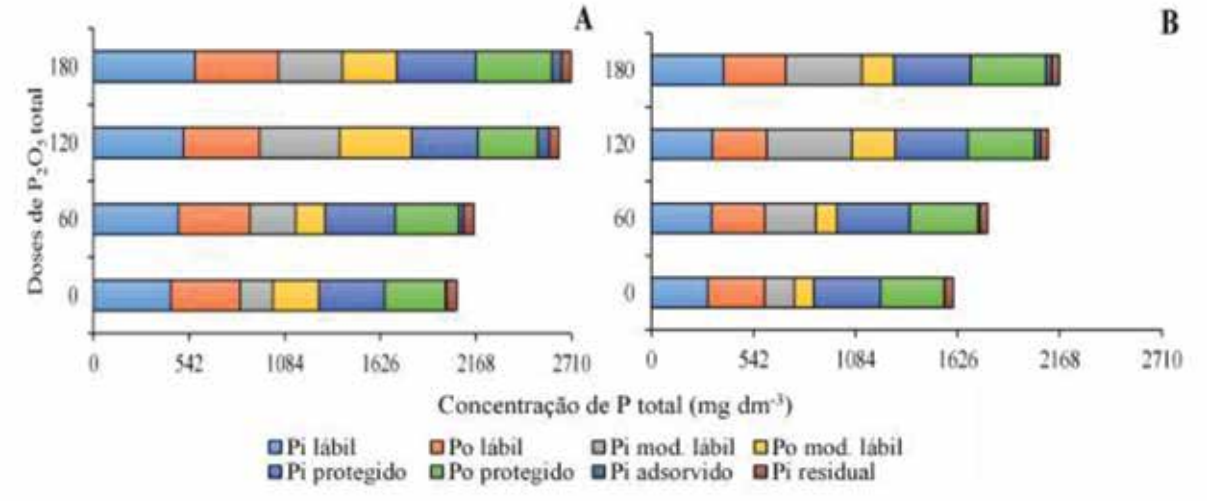



Figura 1. Concentrações das frações de P inorgânico e orgânico lábil (Pi e Po lábil), inorgânico e orgânico moderadamente lábil (Pi e Po mod. lábil), inorganica- e organicamente protegido (Pi e Po protegido), adsorvido (Pi adsorvido) e residual (Pi residual) nas camadas 0 a 10 (A) e 0 a 20 (B) cm do solo, tratado anualmente com fontes e doses de fosfatos, em sistema integrado de produção agropecuária.

Devido à grande importância na disponibilidade para as plantas das frações inorgânicas e orgânicas extraídas por bicarbonato ($NaHCO_3$), essas frações de P poderiam ser incluídas como indicadoras de disponibilidade de P (GATIBONI et al., 2007). O estudo dessas frações poderiam auxiliar no melhor entendimento da dinâmica de P no solo e, assim, aprimorar as análises de solo para alcançar recomendações de fertilizantes fosfatados mais eficientes do ponto de vista econômico e sustentável.

Além disso, em SIPA, a manutenção de resíduos vegetais e animais no solo e a maior atividade das raízes sob condições de pastejo, podem contribuir com o aumento da fração orgânica lábil, ao longo do tempo (COSTA et al., 2014) sendo, portanto, esta fração mais fortemente influenciada pelo manejo do solo.

A aplicação de 120 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total resultou em aumento de P inorgânico e orgânico moderadamente lábeis ($Pi_{hido,1}$ e $Po_{hido,1}$) para a camada de 0 a 10 cm ($P< 0,05$) (Figura 1A). Na camada de 0 a 20 cm, para as mesmas frações de P, maiores concentrações de foram observadas com a aplicação de 120 e 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total (Figura 1B). A solução de hidróxido de sódio (NaOH) tem a capacidade de extrair o P inorgânico quimiosorvido a óxidos de Fe e Al, além do P orgânico ligado a matéria orgânica do solo, os quais podem ser dessorvidos e repor a solução no solo (GATIBONI et al., 2007).

No entanto, entre os mecanismos mais prováveis de formação de P moderadamente lábil, a partir da aplicação de fosfatos no solo, está a ocorrência de duas ligações coordenadas com a superfície adsorvente (NOVAIS; SMITH, 1999). Essas ligações de maior energia, não permitem a rápida dessorção de P (PARFITT, 1978), deixando de ser útil de maneira imediata para as plantas.

Tanto o P inorgânico como o P orgânico moderadamente lábeis tiveram efeitos similares, demonstrando que a fração orgânica também pode atuar como fonte de P. Dessa forma, sistemas de produção que minimizem as perdas de Po do solo podem ser importantes para a manutenção da disponibilidade e recuperação de P (HAYNES; WILLIAMS, 1993; COSTA et al., 2014), garantindo a sustentabilidade do sistema de produção.

As frações Pi e Po protegidos ($Pi$ e $Po_{hido,5}$) apresentaram aumento com a aplicação de $P_2O_5$ total, para ambas as camada do solo, não havendo diferença entre as doses de fosfatos aplicados (60, 120 e 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total) (Figura 1). Isso ocorre pois, com o aumento de P na solução do solo, os sítios de adsorção na superfície dos coloides, vão sendo saturados e o P passa a ser adsorvido com alta energia de ligação. O NaOH 0,5 mol $l^{-1}$ dessorve formas orgânicas e inorgânicas de P, similares às extraídas pelo NaOH 0,1 mol $l^{-1}$. Porém, a solução NaOH 0,5 mol $l^{-1}$ estima frações orgânicas e inorgânicas de P mais fortemente adsorvidas, estando fisicamente protegidas no interior de microagregados (CROSS; SCHLESINGER, 1995).

As concentrações de P adsorvido ($P_{HCl}$) foram maiores com as doses mais elevadas (120 e 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total) aplicadas na superfície do solo, para a camada de 0 a 10 cm (Figura 1A). Ao extrator HCl 1 mol $l^{-1}$ é atribuída a capacidade de dessorção de formas inorgânicas de P, associadas ao Ca (CROSS; SCHLESINGER, 1995). A contribuição causada por doses de fertilizantes fosfatados originários de fosfatos de Ca (até 23,4, 36,0 e 72,0 kg $ha^{-1}$ de Ca em SFT, FNR e TFM, respectivamente), pode ter induzido a dissolução ácida destes compostos fosfatados e, liberado P ligado a Ca a partir dessas fontes.

## CONCLUSÕES

Em sistema integrado de produção agropecuária, a aplicação de fosfatos solúveis e insolú-

veis em água não influenciou as concentrações das frações de P na solução no solo, após cinco anos de experimentação. As formas orgânicas e inorgânicas de P tem capacidades similares em manter os níveis desse nutriente na solução do solo. Ainda, a fração de P orgânica lábil ($Po_{bic}$) poderia ser incorporada como indicadora da disponibilidade de P em sistema integrado de produção adequadamente manejados. Além disso, a aplicação de doses anuais iguais ou superiores a 120 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ total podem aumentar as frações orgânicas e inorgânicas menos lábeis de P na solução do solo.

**AGRADECIMENTOS:** À Mineração Curimbaba, à FAUEPG, à CAPES e ao CNPq pelo apoio e financiamento.

## REFERÊNCIAS

Coelho MJA, Diaz DR, Hettiarachchi GM, Hansel FD, Pavinato PS. Soil phosphorus fractions and legacy in a corn-soybean rotation on Mollisols in Kansas, USA. Geoderma Reg. 2019; 18:e00228.

Costa SEVGA, Souza ED, Anghinoni I, Carvalho PCF, Martins AP, Kunrath TR, Cecagno D, Balerini F. Impact of an integrated no-till crop–livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. Agr. Ecosyst. Environ. 2014; 190:43-51.

Cross AF, Schlesinger WH. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. Geoderma. 1995; 64:197-214.

Galetto SL, da Fonseca AF, Harkatin S, Auler AC, de Carvalho IQ. Availability of phosphorus for maize in crop-livestock integration system. Rev. Ciênc. Agron. 2014; 45:956-967.

Gatiboni LC, Kaminski J, Rheinheimer DS, Flores JPC. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2007; 31:691-699.

Guera KCS, da Fonseca AF, Harkatin S. Phosphorus use in soybean in integrated production system under anticipation of phosphate fertilization. Rev. Cienc. Agron. 2020; 51:1-7.

Haynes RJ, Williams PH. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Adv. Agron. 1993; 49:119-199.

Hedley MJ, Stewart JWB, Chauhan BS. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 1982; 46: 970-976.

Novais RF, Smith TJ. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1999.

Oliveira Junior A, Prochnow LI, Klepker D. Eficiência agronômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. Pesqui. Agropec. Bras. 2008; 43:623-631.

Parfitt RL. Anion adsorption by soils and soil materials. Adv. Agron. 1978; 30:1-46.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Frações de Zn em solos de vinhedos com diferentes tempos de condução Serra Gaúcha

Lucas Dupont Giumbelli[1]; Guilherme Willbert Ferreira[2]; Thiago Stacowski dos Santos[3]; Cledimar Rogério Lourenzi[4]; Gildean Portela[5]; Gustavo Brunetto[6]

[1]Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PPGA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis-SC, 88034-100, lukdg@hotmail.com; [2]Doutorando do PPGA, UFSC; [3]Doutorando do PPGA, UFSC; [4]Professor Adjunto 2, UFSC;(5) Doutor em Agroecossistemas pela UFSC ; [6] Professor Associado I, Universidade Federal de Santa Maria

## INTRODUÇÃO

O cultivo da videira (*Vitis vinífera*) é uma atividade de grande importância para produtores da região sul do Brasil, com predomínio em áreas que vão desde a Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul (RS), até o Planalto Serrano e Sul de Santa Catarina (SC) (BRUNETTO *et al.*, 2016). Entretanto, essas regiões apresentam alta umidade o que reflete no uso frequente de fungicidas para o controle de doenças fúngicas (TONIETTO, 2007; JERMINI et al., 2010).

O Mancozeb é um dos produtos mais utilizados na vitivinicultura, e possui em sua composição altas concentrações de zinco (Zn). Devido a ocorrência frequente de chuvas, em conjunto com as aplicações sucessivas desse tipo de produto ao longo dos anos, pode ocorrer acúmulo de Zn na superfície dos solos de vinhedos (BRUNETTO *et al.*, 2014; COUTO *et al.*, 2015). Uma vez identificado esse problema ambiental, estudos sobre a dinâmica do Zn em solos cultivados com videias estão sendo conduzidos ao redor do mundo, e constataram o aumento da concentração do Zn nessas áreas (BRUNETTO *et al.*, 2014; CAMBROLLÉ *et al.*, 2015; TIECHER *et al.*, 2017).

O Zn é normalmente encontrado na solução do solo em sua forma catiônica $Zn^2$, e sua mobilidade está fortemente ligada ao pH do meio em que se encontra. De acordo com a literatura, valores de pH acima de 6,5 diminuem a disponibilidade desse elemento (GONÇALVES *et al.*, 2018). Outras características do solo também têm efeito sobre as quantidades de Zn disponíveis: altos teores de argila, capacidade de troca de cátions (CTC), teor de P e óxidos hidratados, e a matéria orgânica do solo (MOS) (SHUMAN, 1998; CAMARGO, 2006; ISKANDER et al., 2011)

Os aumentos dos teores de Zn na superfície do solo podem resultar em modificações na distribuição das suas frações, sendo que aquelas mais lábeis podem potencializar a toxidez às plantas (BRUNETTO *et al.*, 2017; SREEKANTH, 2010). Além disso, o aumento da labilidade desse elemento também pode aumentar as transferências pela solução escoada na superfície do solo, estendendo esse problema ambiental para recursos hídricos (FERNÁNDEZ-CALVIÑO *et al.*, 2008).

Uma alternativa para diminuir os efeitos dos metais pesados em áreas de vinhedos é adicionar e favorecer a permanência de material or-

gânico no solo. Esse aporte promove o aumento da MOS, que por apresentar muitos grupos funcionais, complexa grande quantidade de metais pesados (STEVENSON, 1994). Dessa forma, práticas como o uso de plantas de cobertura nas entrelinhas das videiras, são interessantes nessas situações.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a distribuição das frações de Zn através de extrações sequenciais, em solos com diferentes tempos de condução e manejo, na Serra Gaúcha.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização dos locais de estudo e coleta de amostras de solo

O estudo foi realizado na região da Serra Gaúcha (município de Bento Gonçalves), no estado do Rio grande do Sul. Na região de estudo foram selecionadas três áreas de vinhedos, sendo uma área de vinhedo novo (VN), com um pequeno histórico de cultivo, uma área com médio histórico de cultivo (VM) e uma área com longo histórico de cultivo (VL), além de uma área de mata adjacente aos vinhedos, que será utilizada como referência às condições naturais do solo.

As três áreas de vinhedos são cultivadas com a cultivar Isabel (*Vitis labrusca* L.), plantadas em péfranco, em sistema de condução latada. Os principais fungicidas utilizados nas áreas são: delan, captan, folpan, manzate, curzate. Em média, são feitas 16 aplicações por ano desses produtos. Ainda, anualmente são realizadas 3 aplicações de calda bordalesa. Há 5 anos (até o momento da coleta) que não é realizada nenhuma aplicação de fertilizantes nos vinhedos coletados.

Nas áreas selecionadas foram coletadas amostras de solo em julho de 2017, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m, com auxílio de uma pá de corte, enxadão, espátula e trado holandês, compondo 3 repetições em cada local de amostragem. Nas áreas VN e VM o solo foi coletado nas linhas de plantio. Já no VL, foram coletadas amostras de solo nas linhas e entrelinhas (VLE) de plantio. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, etiquetadas e transportadas para o Laboratório de Solo, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA, foi realizada a análise de fracionamento químico de Zn, por meio do método proposto por Tessier et al. (1979). Desse modo, foram obtidas: 1) fração solúvel, extraída com água deionizada (8 mL), 2) fração trocável, ligada as cargas negativas do solo, e extraída com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) 1,0 mol $L^{-1}$ a pH 7,0 (8 mL), 3) fração ligada aos argilominerais, extraída com cloridrato de hidroxilamina ($NH_2OHHCl$) 0,04 mol $L^{-1}$ em ácido acético 25 % (v/v) a pH 2,0 (20 mL), 4) fração ligada à matéria orgânica, extraídos com ácido nítrico ($HNO_3$) 0,02 mol $L^{-1}$ (3mL) + peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) a 30 % (8 mL) + acetato de amônio ($NH_4OAc$) em $HNO_3$ 20% (v/v) (5 mL), e 5) fração residual, obtida por digestão com ácido fluorídrico (HF) concentrado + ácido perclórico ($HClO_4$) . O teor total de Zn foi analisado em 1,0 g de solo não fracionado, através da mesma extração realizada para determinação do teor residual.

### Análise estatística

Os dados do fracionamento químico do Zn foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito no item material e métodos. As médias foram comparadas por meio do teste de "Skott-Knott ($P<0,05$)".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de Zn foram observados nos vinhedos VN, VM, VL e VLE, quando comparados à área de mata, para todas as frações avaliadas e para o teor total (Tabela 1). Portanto, fica evidente que no decorrer do tempo existe uma tendência de acumulo do Zn em solos de vinhedos. As maiores quantidades das frações solúveis e trocáveis de Zn no VM e VL, se comparados a área de mata, corroboram a ideia de que com o passar do tempo os sítios de ligação do solo passíveis de serem ocupados por esse elemento acabam ficando saturados e, consequentemente, são enriquecidas frações com maior labilidade e facilidade de serem perdidas para a água da chuva (CECÍLIA *et al.*, 2013).

A maior parte do Zn total é composta pela fração associada aos componentes minerais do solo, que acabou acumulando principalmente na camada 0,05-0,10 m, em detrimento de maiores profundidades. Isso é decorrente da maior estabilidade dessa fração, que confere características de baixa disponibilidade e mobilidade no perfil do solo, se caracterizando mais como um agente passível de causar toxidez e prejudicar o crescimento da planta, do que como um elemento que irá ser transferido para locais mais baixos da paisagem (BRUNETTO *et al.*, 2018; CAMPILLO-CORA *et al.*, 2019).

Foram encontradas maiores quantidades da fração residual do Zn em VN se comprado às outras áreas, com exceção da camada 0,10-0,15m. Foi destacado por Gómez-Armesto *et al.* (2015), que a fração de Zn residual se caracteriza como o maior reservatório de Zn em áreas de vinhedos. Isso reforça a ideia de que o uso excessivo de produtos com Zn em sua formulação irá elevar a concentração desse elemento em frações com características recalcitrantes no solo, caracterizando um problema ao longo do tempo.

A mata apresentou os menores valores de Zn total se comparado a todas às outras áreas. Por outro lado, VN apresentou os maiores teores de Zn total, isso pode ser um indicativo de que apesar do menor período de cultivo se comparado a VM e VL, o manejo em VN pode estar utilizando em excesso produtos com Zn em sua formulação, favorecendo o seu acumulo principalmente em superfície.

## CONCLUSÕES

Com o passar do tempo o Zn se acumula na faixa de 0,00 – 0,20 m do solo em áreas com finalidade de cultivo de vinhedos, se comparadas a ambientes de mata.

Dentre todas as frações avaliadas, o elemento Zn tende a ser acumulado na fração mineral no solo, o que indica menor potencial de perda, entretanto, esse elemento permanece no perfil do solo e se torna um potencial agente fitotóxico.

**AGRADECIMENTOS:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de doutorado ao 1º autor.

## REFERÊNCIAS

BRUNETTO, G. *et al.* Mobility of copper and zinc fractions in fungicide- amended vineyard sandy soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**, *[S. l.]*, v. 60, n. 5, p. 609–624, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1080/03650340.2013.826348

BRUNETTO, G. *et al.* Adubação nitrogenada em videiras em produção na região Sul do Brasil. *In*: **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. *[S. l.: s. n.]*. p. 19–44. *Ebook*.

BRUNETTO, G. *et al.* Heavy Metals in Vineyards and Orchard Soils. **Rev.Bras.Frutic**, *[S. l.]*, v. 39, n.

2, p. 263–274, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-29452017

BRUNETTO, G. *et al.* Copper and zinc accumulation, fractionation and migration in vineyard soils from Santa Catarina State, Brazil. **Soil and Plant Nutrition**, *[S. l.]*, v. 77, n. 1, p. 141–151, 2018.

CAMARGO, O. A. de. Reações e interações de micronutrientes no solo. **Micronutrientes na agricultura**, *[S. l.]*, p. 243–272, 2006. CAMBROLLÉ, J. *et al.* Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. **Chemosphere**, *[S. l.]*, v. 120, p. 171–178, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.044

CAMPILLO-CORA, C. *et al.* Copper and zinc in rhizospheric soil of wild plants growing in long-term acid vineyard soils . Insights on availability and metal remediation. **Science of the Total Environment**, *[S. l.]*, v. 672, p. 389–399, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.301 CECÍLIA, G. *et al.* Assessment of Copper and Zinc in Soils of a Vineyard Region in the State of São Paulo , Brazil. **Applied and Environmental Soil Science**, *[S. l.]*, v. 2013, p. 1–10, 2013. Disponível em: https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2013/790795

COUTO, R. da R. *et al.* Accumulation of copper and zinc fractions in vineyard soil in the mid-western region of Santa Catarina , Brazil. **Environ Earth Sci**, *[S. l.]*, v. 73, p. 6379–6386, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12665-014-3861-x

FERNÁNDEZ-CALVIÑO, D. *et al.* Copper distribution and acid-base mobilization in vineyard soils and sediments from Galicia ( NW Spain ). **European Journal of Soil Science**, *[S. l.]*, v. 59, n. April, p. 315–326, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.01004.x

GÓMEZ-ARMESTO, A. *et al.* Teor em cobre e sua distribuição em solos de vinha de Betanzos (Coruña, Espanha). **Spanish Journal of Soil Science**, *[S. l.]*, v. 5, n. 1, p. 60–71, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.3232/SJSS.2015.V5.N1.06

GONÇALVES, F. A. R. *et al.* INFLUÊNCIA DA SATURAÇÃO POR BASES DO SOLO SOBRE A DISPONIBILIDADE E ABSORÇÃO DE ZINCO Felipe. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, *[S. l.]*, v. 27, n. 2, p. 262–272, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

ISKANDER, A. L.; KHALD, E. M.; SHETA, A. S. Zinc and manganese sorption behavior by natural zeolite and bentonite. **Annals of Agricultural Sciences**, *[S. l.]*, v. 56, n. 1, p. 43–48, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aoas.2011.05.002

SHUMAN, L. M. Micronutrient Fertilizers. **Journal of Crop Production**, *[S. l.]*, v. 1:2, n. July 2012, p. 165-195, 1998.

SREEKANTH, P. C. N. K. D. L. T. V. M. Heavy metals , occurrence and toxicity for plants : a review. **Environ Chem Lett**, *[S. l.]*, v. 8, p. 199–216, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8

TIECHER, T. L. *et al.* Tolerance and translocation of heavy metals in young grapevine ( Vitis vinifera ) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Scientia Horticulturae**, *[S. l.]*, v. 222, n. January, p. 203–212, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.026

TONIETTO, J. Climática global de las zonas vitícolas. *[S. l.]*, p. 1–11, 2007.

Tabela 1. Fracionamento de Zn em áreas de vinhedo com diferentes históricos de condução, em comparação com uma área de campo nativo, em Santana do Livramento, RS.

| Camada (m) | M | VN | VM | VL | VLE | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zinco (mg kg$^{-1}$) | | | |
| | | | Fração solúvel | | | |
| 0,00 - 0,05 | 1,31 aC | 0,56 bD | 3,88 aA | 2,16 bB | 0,34 bD | 13,04 |
| 0,05 - 0,10 | 0,45 bC | 0,51 bC | 3,02 bB | 3,90 aA | 0,28 bC | 20,56 |
| 0,10 - 0,15 | 0,24 cE | 0,99 aB | 2,49 cA | 0,37 cD | 0,73 aC | 5,89 |
| 0,15 - 0,20 | 0,27 dC | 0,00 cD | 0,91 dA | 0,61 cB | 0,00 cD | 18,70 |
| CV (%) | 9,72 | 9,19 | 4,49 | 24,51 | 17,32 | |
| | | | Fração trocável | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,93 bE | 1,27 aD | 2,09 aC | 3,70 cB | 20,80 aA | 1,68 |
| 0,05 - 0,10 | 0,80 cC | 1,27 aC | 2,05 aC | 8,72 bB | 18,25 bA | 12,01 |
| 0,10 - 0,15 | 0,86 cC | 1,14 bC | 1,73 bC | 21,94 aA | 10,64 cB | 15,66 |
| 0,15 - 0,20 | 1,08 aD | 1,02 cD | 1,72 bC | 5,16 cA | 2,55 dB | 3,92 |
| CV (%) | 8,86 | 4,52 | 3,86 | 12,40 | 6,96 | |
| | | | Fração mineral | | | |
| 0,00 - 0,05 | 3,20 bE | 76,70 aA | 20,60 aD | 58,99 aB | 36,46 aC | 4,49 |
| 0,05 - 0,10 | 2,38 cC | 8,80 bB | 11,43 bA | 10,48 bA | 11,44 bA | 9,32 |
| 0,10 - 0,15 | 3,44 aB | 5,75 cA | 3,46 cB | 6,25 cA | 2,36 cC | 10,39 |
| 0,15 - 0,20 | 2,25 cE | 2,78 dB | 3,49 cA | 2,60 dC | 2,40 cD | 2,09 |
| CV (%) | 2,74 | 5,95 | 13,44 | 2,97 | 7,45 | |
| | | | Fração orgânica | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,13 cB | 0,89 aE | 2,13 aA | 0,57 aD | 0,69 aC | 4,10 |
| 0,05 - 0,10 | 0,13 cD | 0,49 bA | 0,24 bC | 0,40 bB | 0,50 bA | 4,74 |
| 0,10 - 0,15 | 0,15 bA | 0,30 cA | 0,23 bA | 0,25 cA | 0,31 cA | 20,44 |
| 0,15 - 0,20 | 0,24 aB | 0,14 dC | 0,21 cB | 0,14 dC | 0,41 bA | 20,38 |
| CV (%) | 6,95 | 9,18 | 2,76 | 11,45 | 13,45 | |
| | | | Fração residual | | | |
| 0,00 - 0,05 | 4,65 cB | 23,87 aA | 1,75 cB | 3,18 bB | 6,50 bB | 77,00 |
| 0,05 - 0,10 | 3,30 cB | 11,38 bA | 14,85 aA | 2,43 bB | 1,55 cB | 57,92 |
| 0,10 - 0,15 | 11,65 aA | 8,58 bB | 3,03 bC | 4,78 aC | 7,35 bB | 16,18 |
| 0,15 - 0,20 | 7,45 bC | 24,35 aA | 3,05 bD | 5,10 aD | 10,95 aB | 14,47 |
| CV (%) | 11,23 | 47,67 | 10,78 | 17,07 | 26,65 | |
| | | | Total | | | |
| 0,00 - 0,05 | 11,30 bE | 117,20 aA | 41,50 aD | 101,40 aB | 52,35 aC | 4,29 |
| 0,05 - 0,10 | 9,13 bD | 25,30 cC | 38,75 bA | 32,50 bB | 21,25 bC | 11,08 |
| 0,10 - 0,15 | 26,60 aA | 23,50 dB | 13,75 cC | 14,50 cC | 13,35 cC | 7,07 |
| 0,15 - 0,20 | 13,50 bC | 41,30 bA | 7,30 dD | 15,50 cV | 22,05 bB | 7,04 |
| CV (%) | 9,91 | 1,04 | 5,20 | 8,14 | 10,82 | |

M = mata; VC = vinhedo com curto tempo de condução; VM = vinhedo com médio tempo de condução; VL = vinhedo com longo tempo de condução; VLE = vinhedo com longo tempo de condução com solo coletado nas entrelinhas. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência da adubação sem micronutrientes no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.)

Caio César de Lemos Santos Costa [1]; Elilson Gomes de Brito Filho [2]; Milton César Costa Campos [3]; Marcos Gervasio Pereira [4]; José Maurício da Cunha [5]; Romária Gomes de Almeida [6];

[1] Estudante, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR-465, Km 7 Seropédica /Rio de Janeiro, CEP:23897-000, caio.cesar.lemos00@hotmail.com; [2]Estudante de Agronomia; Universidade Federal do Amazonas - UFAM; [3]Docente do Departamento de Solos e Engenharia Rural: Universidade Federal da Paraíba - UFPB [4]Docente do Instituto do Departamento de Solos; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ; [5]Docente; Universidade Federal do Amazonas – UFAM; [6]Mestranda Agronomia; Universidade Federal do Amazonas - UFAM;

## INTRODUÇÃO

O milho é o cereal de maior volume produzido no mundo, com aproximadamente 960 milhões de toneladas. Associado ao consumo humano e ao animal verifica-se também o crescimento do uso deste cereal em aplicações industriais, demonstrando a sua importância em nível mundial.

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das culturas sendo exigidos em quantidades muito pequenas. Apesar de sua pequena exigência para as culturas, a falta de qualquer um deles pode resultar em perdas significativas da produção (Barbosa Filho et al., 2002). Cada micronutriente exerce um papel diferenciado nas plantas. O zinco, por exemplo, é o nutriente mais limitante à produção de milho (Cantarella, 1993) e suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos fosfatos e à formação da estrutura de auxinas, de RNA e de ribossomos.

Os micronutrientes podem ser aplicados diretamente no solo, por meio da adubação convencional (Cheng, 1985), ou na parte aérea das plantas, por meio da adubação foliar (Pessoa, 1998). Assim este trabalho teve por objetivo verificar o desempenho do milho submetido à deficiência de micronutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Humaitá, Amazonas, mais precisamente na Fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas, localizada na BR 230 sentido

Humaitá- km 5 (local de coleta do solo). O estudo foi realizado na casa de vegetação do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente / UFAM.

A cultura estudada foi o milho robusto (*Zea mays* L.), sendo utilizadas sementes híbridas. O milho robusto é uma variedade com alta produtividade, sendo destinada a produtores de todos os níveis tecnológicos, possui alta adaptação e por possuir tolerância ao quebramento do colmo, possibilita uma melhor otimização na colheita mecanizada (Moreira et al., 1994). Apresenta um ciclo de florescimento de 60 dias, maturação de 124 dias tendo um elevado potencial de adaptabilidade (Vieira et al., 2014).

Para o estudo foi delimitado uma área sendo coletado solo em uma profundidade de 40 cm em um Cambissolo Háplico (Santos et al., 2013), cuja características são apresentadas na Tabela 1. Após a coleta as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de aproximadamente 3 mm malha sendo esse material utilizado para a realização do experimento. A textura do solo e o pH em água foram determinados segundo (Embrapa, 2011), também foi determinada a umidade do solo (Embrapa, 2011) para o cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada pelo método da saturação por bases. Considerando a umidade gravimétrica do solo de 8,6% foi pesado para cada vaso (capacidade de 10 litros) 7,6 kg de solo.

Os tratamentos utilizados consistiram em dois com duas repetições, com e sem micronutrientes. O primeiro procedimento após o cálculo para recomendação foi a incorporação do calcário ao solo, sendo utilizado calcário de PRNT 98% e a partir dos dados de análise de solo da área, a recomendação foi de 4,52 t ha, assim para cada vaso foi estabelecida a quantidade de 17,17 g de calcário a ser aplicada. Após essa etapa esperou-se 28 dias para a aplicação do adubo, e posteriormente a semeadura. Foram usados 4 vasos, 2 com adubação completa e 2 com ausência de micronutrientes. Para o fornecimento de nitrogênio foi utilizada a ureia na recomendação para a base de 44,44 kg $ha^{-1}$ e para a cobertura de 222,22 kg $ha^{-1}$sendo empregados s 0,1689 g $balde^{1}$ para a base e 0,84 g $balde^{-1}$ para a cobertura. Para o fornecimento de fósforo foi utilizado o super fosfato simples (SPS) na formulação 555,55 kg $ha^{-1}$e 2,22 g $balde^{-1}$. Para fornecimento de potássio foi utilizado o cloreto de potássio (KCl) na formulação 120,69 kg $ha^{-1}$e 0,4586 g $balde^{-1}$. Para o fornecimento de micronutrientes foi utilizado o FTEBR12 com formulação de 120,69 kg $ha^{-1}$e 0,084 g $balde^{-1}$, porém este só foi utilizado em dois baldes, por ser o elemento faltante.

Na semeadura foram adicionadas 6 sementes por vasos e na irrigação foram aplicados aproximadamente 700 ml $dia^{-1}$. A germinação das sementes ocorreu após 4 dias, após plantio, e a adubação realizada após o surgimento da quarta folha verdadeira, sendo aplicada a primeira adubação de base (0,1689 g de ureia). Já a segunda dose da aplicação de base foi realizada após a emissão da oitava folha. O experimento permaneceu em casa de vegetação durante 48 dias, sendo realizadas práticas culturais como desbastes e observações de possíveis sinais de deficiência, além de outras observações necessárias. Após o estabelecimento foi realizado um desbaste, restando apenas uma planta por vaso.

As plantas foram retiradas dos vasos e as raízes foram lavadas e em seguida foram avaliados: comprimento da raiz, comprimento da planta, massa fresca da raiz, massa seca da planta, massa seca da raiz e massa seca da planta. Para obtenção dos comprimentos da planta e da raiz utilizou-se uma trena, para determinação da massa fresca da raiz e da planta utilizou-se a balança. Após essa etapa o material vegetal foi seco em estufa de circulação a 45°C durante 48 horas, sendo posteriormente pesado.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os sintomas mais comuns de deficiência foram verificados durante do crescimento da cultura, porém em sua maioria foram sintomas relacionados a deficiência de macronutrientes (Figuras 1 A e B), sem ter sido observados sintomas diretamente relacionados a ausência de micronutrientes. Para o P foi verificado nas plantas de milhos sinais de deficiência em todos os tratamentos. Sendo observada uma coloração roxa como indicativo de deficiência (Figura 1B). A deficiência desse nutriente poderá promover o retardamento no crescimento do vegetal. (Lange et al., 2005).

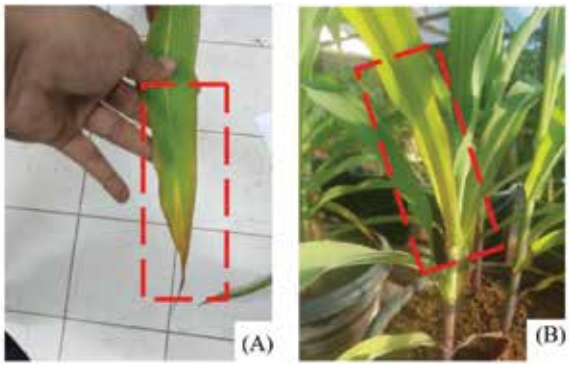



**Figura 1**. Sintomas de deficência do milho (A) Nitrogênio e (B) Fósforo

Também foi constatada a deficiência de nitrogênio, porém no tratamento sem micronutrientes (Figura 1A). A deficiência de nitrogênio é representada por clorose e futuramente necrose nas folhas mais velhas. Esta deficiência pode estar indiretamente relacionada a ausência de molibdênio, pois ele é parte do composto nitrato redutase (complexo molibdênio e pterina), uma enzima que está relacionada ao processo de oxidação do nitrato e o torna oxidado. A ausência dessa enzima impede a ocorrência desse processo (Miyazawa et al, 2001).

Ao final do período experimental foi realizada a amostragem com a retirada das plantas de milho dos vasos (Figura 2). As plantas foram avaliadas através de medidas do comprimento de planta (CP). As plantas do tratamento sem micronutrientes apresentaram maior crescimento apesar da ausência destes nutrientes. Uma possível explicação para o padrão observado, pode ser atribuída a acidez do solo. Através da análise do pH em água (Tabela 1) foram constatados menores valores no tratamento com micronutri micronutrientes (3,18) e maiores no tratamento sem micronutrientes (4,23). Apesar do milho robusto (*Zea mays* L.) ser uma espécie de alta adaptabilidade o pH ainda é fator limitante na disponibilidade de micronutrientes, o que influência no menor desenvolvimento do tratamento completo (Beninni et al., 2002).




**Figura 3**. Plantas após retirada de todo solo. P1: planta sem micronutrientes; P2: - planta sem micronutrientes; P3: planta com micronutrientes; P4: planta com micronutrientes.

Para o comprimento das raízes (CR), o menor valor foi verificado no tratamento completo, demonstrando que na ausência de um nutriente o vegetal tende a expandir seu sistema radicular em busca de nutrientes disponíveis (Biscaro et al., 2011).

## CONCLUSÕES

Plantas de milho robusto em estágios iniciais não foram afetadas por deficiência de micronutrientes.

Solos com acidez elevada promovem menor desempenho inicial do milho, mesmo com adubação com micronutrientes.

## REFERÊNCIAS

Barbosa Filho MP. Arroz, milho e trigo. In: BINOVA. Micronutrientes. Ribeirão Preto: Binova (Informativo Técnico), 2002:3p.

Beninni ERY, Takahashi HW, NEVES CS, Fonseca ICDB. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. Hortic. Bras., 2002; 20:183-186.

Biscaro GA, Araujo AVA, Ranzi R, Vaz MAB, Pra-

do EAF, Silveira BLR. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. Agrarian, 2011;4:1019.

Cantarella H. Calagem e adubação do milho, In: Bull, L.T.; Cantarella, H. (Ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993;147-196.

Cheng, T. The effect of the seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. J. Seed Sci, 1985; 44:129-135.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 2011, 230p.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. revisada e ampliada. Brasília, 2013, 353p.

Lange A, Martines AM, Silva MAC, Sorreano MCM, Cabral CP, Malavolta E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. PAB, 2005; 40:61-67.

Miyazawa M, Khatounian CA, Odenath-Penha LA. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. Agroecologia Hoje, 2001;2:23-23.

Moreira I, Rostagno HS, Coelho DT, Tafuri ML. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. Rev. Bras. Zootec., 1994; 23:916-929.

Pessoa ACS. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro "ouro negro" em resposta à adubação foliar com molibdênio. Rev. Bras. Cienc. Solo, 2001; 34:217-223.

Vieira LV, Souza HA, Soares LSP, Ziegler HRS. Doses de composto orgânico proveniente de resíduos da produção e do abate de pequenos ruminantes na cultura do milho. Artigo do Curso Bacharel em Biologia. Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2014:26p.

**Tabela 1-** Características do solo utilizado para o experimento.

| Tipo e classificação | Areia | Silte | Argila | pH | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g kg$^{-1}$---------- | | | completo | incompleto |
| Cambissolo Háplico | 489,80 | 282,20 | 158,00 | 3,18 | 4,23 |

**Tabela 2.** Parâmetros avaliados no desempenho agronômico do milho em função da ausência de micronutriente.

| Parâmetros | VASOS | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Sem | Com | Sem | Com |
| | 1 (P1) | 1 (P3) | 2 (P2) | 2 (P4) |
| CR[1] | 100,00 | 87,00 | 97,00 | 85,00 |
| CP[2] | 117,00 | 110,00 | 170,00 | 160,00 |
| MSR[3] | 22,37 | 24,58 | 14,73 | 22,61 |
| MSP[4] | 26,42 | 21,75 | 28,28 | 23,17 |
| MFR[5] | 106,67 | 111,32 | 81,81 | 128,14 |
| MFP[6] | 83,55 | 69,19 | 105,42 | 69,19 |

[1]Comprimento de Raiz; [2]Comprimento de planta; [3]Massa seca da Raiz; [4]Massa seca da planta; [5]Massa fresca da raiz; [6]Massa fresca da planta.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência de Aplicações de Fósforo em Pomar de Macieira na Disponibilidade de Nutrientes

Jaqueline Muniz Gerber[1]; Sulian Junkes Dal Molin[2]; Marlise Nara Ciotta[3]; Paulo Roberto Ernani[4]

[1]Engenheira Agrônoma, DRª, Autônoma, Rua Bahia, São Cristóvão, Lages, SC. E-mail:gerber.jaqueline@gmail. [2]Pesquisador, Araguaia Fertilizantes; [3]Pesquisadora, EPAGRI; [4]Professor, UDESC.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é 13º maior produtor de maçã (*Malus domestica* Borkh), com produção de aproximadamente 1,06 milhões de toneladas do fruto, tendo como principais produtores os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (IBGE, 2017).

Na macieira, assim como em várias frutíferas, os atributos que determinam a qualidade geral dos frutos são afetados pelas condições climáticas e por diversas práticas agrícolas, que incluem o tipo de poda, a intensidade do raleio dos frutos, o porta-enxerto e principalmente a nutrição das plantas.

No que diz respeito à nutrição dos pomares, independente da zona mundial de produção, a adubação com fósforo (P) em pomares de macieira tem recebido menos atenção que a adubação com nitrogênio (N) e potássio (K) (NEILSEN et al., 2008). Isto se deve, em parte, à menor demanda da cultura por P quando comparada com a de N e K.

Na região serrana de Santa Catarina, ocorrem condições climáticas favoráveis à produção de maçãs do Brasil. No entanto, muitos dos solos dessa região são rasos, pedregosos (SOUZA et al., 2013), altamente intemperizados, e possuem baixa disponibilidade de P devido à sua adsorção por óxidos e oxihidróxidos, principalmente de ferro e alumínio, pois esses grupos funcionais têm hidroxilas ($OH^-$), que são trocadas pelo fosfato. Em condições de baixos teores de P nas plantas de macieira, podem ocorrer problemas na produção, na incidência de distúrbios fisiológicos ou até alterações na textura da fruta (NAVA et al., 2002).

Trabalhos já publicados mostram que adubações foliares com P tem aumentado a concentração deste nutriente nos frutos, reduzindo a suscetibilidade a danos causados pela baixa temperatura de armazenamento. No Brasil, são poucas as informações sobre a resposta da cultura à aplicação de P para as condições de solo e regiões onde a macieira é cultivada. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar as possíveis alterações nos parâmetros de solo, como P, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e K disponível, e pH em água avaliadas após seis anos de aplicações anuais de superfosfato triplo em superfície um pomar de maçã cultivados na região de São Joaquim, SC.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve início em 2010 e foi conduzido em um pomar comercial no município de São Joaquim, SC, (28°17'25" S, 49°56'56" W), com altitude de 1200 m, em um Cambissolo Húmico. Foi utilizada a cultivar 'Fuji Suprema' sobre o porta-enxerto Marubakaido/M9, num sistema de alta densidade de plantio (aproximadamente 1.984 plantas $ha^{-1}$).

Antes da implantação do pomar, foram realizadas análises químico-físicas do solo, as quais revelaram os seguintes resultados: pH em água = 6,4; 4,3 mg $dm^{-3}$ de P; 95 mg $dm^{-3}$ de K; 11,5 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de Ca; 4,3 $cmol_c$ $dm^{-3}$ de Mg; 48 g $dm^{-3}$ de matéria orgânica e 470 g $dm^{-3}$ de argila.

Os tratamentos consistiram de doses de P (0, 40, 80, 120 e 160 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$), aplicadas anualmente a partir de 2011, na forma de superfosfato triplo, após a colheita dos frutos, sobre a superfície do solo, sem incorporação, numa faixa de 2,2 m de largura centralizada junto à linha de plantio. Foram realizadas seis aplicações de $P_2O_5$, desde a implantação até a coleta do solo, que ocorreu em 2017. A área experimental recebeu o mesmo manejo recomendado para pomares comerciais (EPAGRI, 2002), exceto em relação à adubação fosfatada. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições.

Após a colheita, em agosto de 2017, seis anos após o início das aplicações de P, foi realizada a coleta de amostras de solo nas camadas de 0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10,0; 10,0-20,0 e 20,0-40,0 cm de profundidade (sendo a representação realizada através das médias das camadas sendo: 1,25; 3,75; 7,50; 15,0 e 30,0 cm). Em cada uma dessas amostras foram avaliados: pH em água, Ca, Mg, K ep, utilizando as metodologias descritas por Tedesco et. al. (1995).

Utilizando o programa Sisvar, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão ($p \leq 0,05$) em função das doses de P.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após sete anos de adição de $P_2O_5$ ao solo, os valores de pH em água não foram afetados, em nenhuma das profundidades avaliadas (**Figura 1**). Isso é esperado, já que os valores de pH foram corrigidos no momento da implantação do pomar, elevando os níveis para 6,0, conforme recomendado no manual de adubação e calagem CQFS/RS-SC (2004). Trabalhos publicados mostram que o efeito residual da aplicação de calcário permanece por longos períodos (CIOTTA et al., 2004; ALMEIDA et al., 2005), como observado no presente estudo.

Os teores de P disponível no solo, independente da dose aplicada, são considerados altos de acordo com o manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016) e foram significativamente afetados pela adição de $P_2O_5$ ao solo. Os valores aumentaram 14,7, 20,8, 11,4 e 1,75 vezes nas camadas 0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm, 5-10 cm e 10-20 cm de profundidade respectivamente, no tratamento que recebeu 160 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ em relação ao que não receberam adubação fosfatada (0 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$).Já na camada de 20-40 cm, não houve aumento dos teores de fósforo pela adição superficial de $P_2O_5$ ao solo (**Figura 2**).

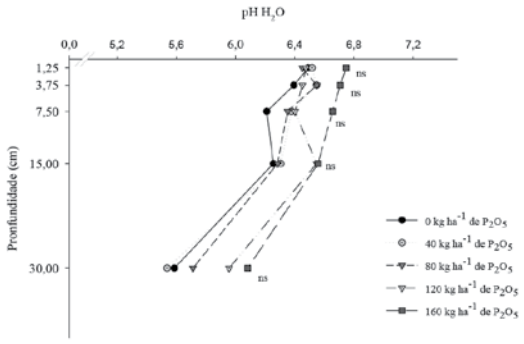



**Figura 1** - Valores de pH em água nas camadas do solo até 40 cm de profundidade em função da adição anual sucessiva de doses de $P_2O_5$ sobre a superfície do solo.

Observa-se que apesar do aumento dos teores de P decorrentes da adubação fosfatada, a proporção desse aumento decresce com a profundidade do solo, até não ser significativa, como na camada mais profunda (20-40cm). Fato esse que foi causado pelas aplicações anuais na superfície do solo ao longo dos anos, sem realizar a incorporação do fertilizante, para evitar danos mecânicos nas raízes das plantas, e pela baixa mobilidade de fósforo no solo. Além disso, o acúmulo de P na superfície do solo pode ser atribuído à sua alta energia de ligação à superfície da fração mineral do solo. Ao longo dos anos, aplicações continuas de P na superfície do solo podem causar ocupação dos locais de adsorção, levando a uma diminuição da sua energia e adsorção, o que pode aumentar a dessorção e, consequentemente, a migração no perfil de solos de pomares (BRUNETTO et al., 2015). Esses aumentos dos teores de P na camada de 0-20 cm também foram observados por Navroski et al. (2019) e Brunetto et al. (2015), que estudaram a aplicação superficial de P em pomares de pessegueiro e pereiras, respectivamente.

Os teores de Ca no solo, também aumentaram significativamente nas primeiras camadas do solo, e esses aumentos foram de 26%, 44% e 30% respectivamente nas camadas 0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm e 5-10 cm (**Figura 2**), quando comparado com o tratamento que recebeu 160 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ ao que não receberam adubação fosfatada (0 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$). Nas demais camadas, não houve aumento significativos nos teores de Ca do solo. Esse aumento de Ca nas camadas superficiais ocorreu devido ao fato de que a fonte fosfatada utilizada, superfosfato triplo ($Ca(H_2PO_4)2.H_2O$), apresenta cerca de 10 % de Ca em sua composição. Oliveira et al. (2014), quando avaliaram as alterações químicas na região adjacentes de grânulos de superfosfato triplo, observaram resultados semelhantes, onde o Ca adicionado pelo fertilizante se movimentou até mais que 10 cm do local de aplicação.

Os demais nutrientes avaliados no solo, Mg e K, não sofreram influência da adição de $P_2O_5$ ao solo (**Figura 2**). Os valores desses nutrientes podem ser considerados médios, de acordo com o recomendado para a cultura da macieira (CQFSRS/SC, 2016). Além disso, no momento da implantação do pomar ocorreu a correção do solo, e por consequência os teores desses nutrientes foram elevados.

Diante do exposto, o pomar em geral, apresenta-se em condições nutricionais adequadas para gerar boas produtividades e frutos de boa qualidade para a comercialização imediata ou para armazenagem, como os dados do presente trabalho mostram.

## CONCLUSÕES

A adição de $P_2O_5$ sobre a superfície do solo por períodos prolongados aumentou o teor de P no solo na camada arável (até 20 cm de profundidade).

Os teores de Ca aumentaram nas camadas superficiais (até 10 cm de profundidade) em função da adição prolongada de superfosfato triplo na superfície do solo.

## REFERÊNCIAS

Almeida, J. A., Bertol, I., Leite, D., Amaral, A. J. do, Zoldan Junior, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 437-445, 2005

Brunetto, G., Nava, G., Ambrosini, V. G., Comin, J. J., Kaminski, J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 37. n. 2, p. 507-516, 2015.

Ciotta, M. N., Bayer, C., Ernani, P.R., Foutoura, S. M. V., Wobeto, C. Alburquerque, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de latossolo bruno em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 317-326, 2004

Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFSRS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 10 Ed. SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004.

CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC). Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. p. 376.

EPAGRI. Manual da Cultura da Macieira; GMC/ Epagri, Florianópolis. 2002.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro v.30 n.2 p.1-83. 2017. Disponível em: < ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantament o_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fascic ulo/lspa_201702.pdf>. Acesso em dezembro de 2019.

NAVA, G. et al. Fertilidade do solo e nutrição na produção integrada de maçã, Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2002. 13 p. (Circular Técnica, 33)

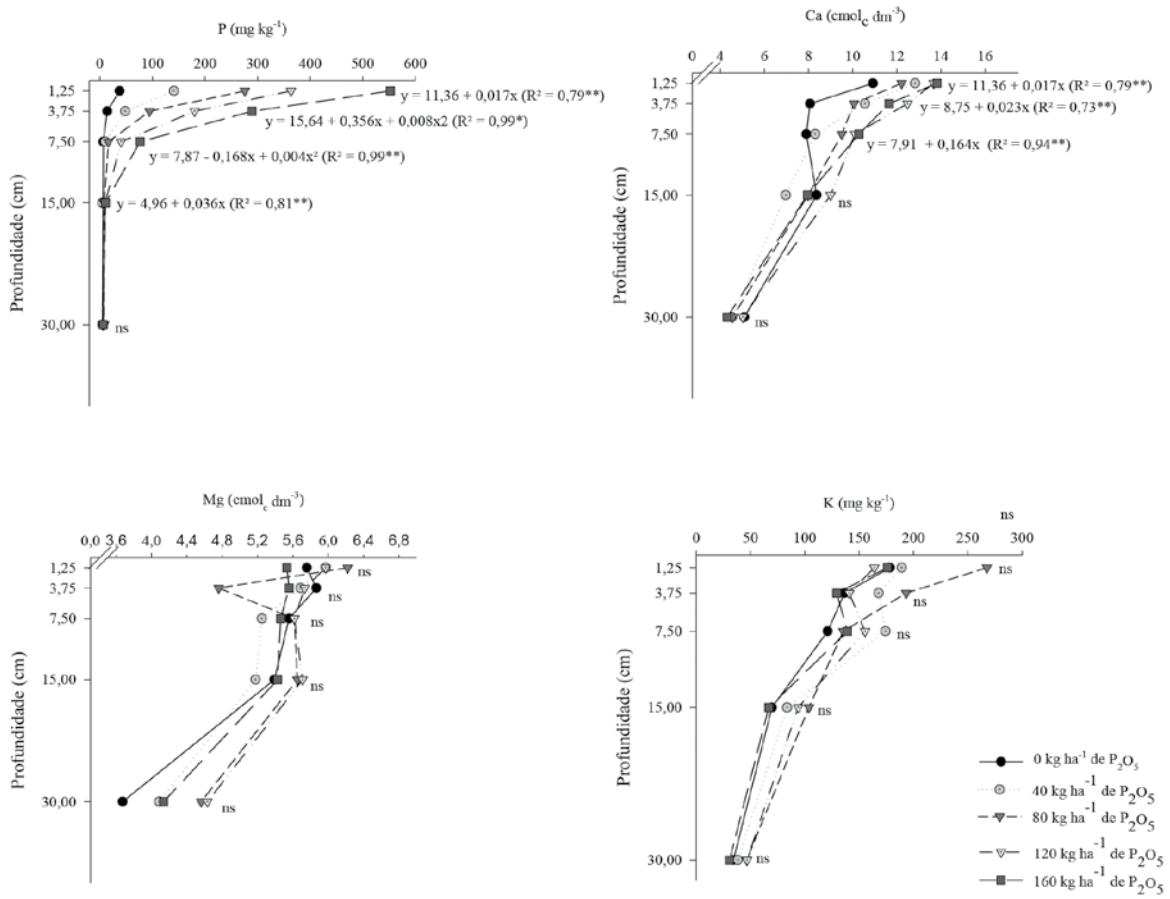
Navroski, R. Barreto, C. F., Ferreira, L. F., Benatti, J. A., Nava, G., Malgarim, M. B. Response of 'Sensação' peach trees to phosphate fertilization. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 40. n. 6, p. 3345-3382, 2019.

Neilsen, G. H., Neilsen, D., Toivonn, P., Herbert, L. Annual Bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. HortScience, v. 43, n. 3, p. 885–890, 2008.

Oliveira, J. P. M. de, Ernani, P. R., Gatiboni, L. C, Pegoraro, A.. Alterações químicas e avaliação de P disponível na região adjacente aos grânulos de superfosfato triplo e diamônio fosfato em solos ácidos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 38 n. 5, p. 1526-1536, 2014.

Souza, F. de Argenta, L. C., Nava, G., Ernani, P. R., Amarante, C. V. T. do. Qualidade de maçãs 'Fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 35, n. 1, p. 305–315, 2013

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H. Volkweiss, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS (Boletim técnico, 5), 1995. 2 ed. p. 174.




ns: não significativo ($p<0,05$); *: significativo a ($p<0,05$); **: significativo a ($p<0,01$).

**Figura 2** - Teores de P (mg $kg^{-1}$), Ca ($cmol_c$ $dm^{-3}$), Mg ($cmol_c$ $dm^{-3}$) e K (mg $kg^{-1}$) nas camadas de solo até 40 cm de profundidade, em função da aplicação anual sucessiva de doses de $P_2O_5$ sobre a superfície do solo.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência do DLS nos aspectos morfológicos de mudas de *Eucalyptus grandis*

Juliano Borela Magalhães[1]; Rodrigo Ferreira da Silva[2]; Juliano de Oliveira Stumm[3]; Daniel Fontanive[4]; Domenico Marcelo Rafaelle[5]; Sinara Barros[6]

[1]Aluno especial da Pós-Graduação; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen; Linha 7 de Setembro, s/n, Frederico Westphalen - RS, 98400-000; E-mail: juliano.borela@outlook.com; [2]Professor; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen; [3]Eng. Agrônomo; Mestre em Agronomia – Agricultura e Ambiente; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen; [4]Aluno da Pós-Graduação; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen; [5] Aluno especial da Pós-Graduação; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen; [6]Aluno da pós-graduação; Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen.

## INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus grandis* é a principal espécie arbórea utilizada em áreas de reflorestamento no Brasil (BACHA, 2008). Conforme IBGE (2018), tal espécie representa 76,2% da área de florestas plantadas no país, com cerca de 7,5 milhões de hectares. Ainda, segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), a participação da produção florestal no PIB nacional é de 6,2%.

Em um trabalho realizado por Oliveira et al. (2008) evidenciou-se que a utilização de compostos orgânicos juntamente aos substratos proporcionou às mudas florestais avaliadas os maiores incrementos em altura, diâmetro do colo, massa seca da raiz e total e relação altura/diâmetro.

Nesse sentido, o mercado da suinocultura brasileira apresenta uma oportunidade a ser explorada no que se refere a insumos orgânicos. Além da carne, produto principal deste setor, ainda é possível usufruir de um insumo oriundo da suinocultura, o dejeto líquido de suínos (DLS), que segundo Konzen (1983) é formado basicamente por líquidos (água e urina) e sólidos (fezes e restos de ração) e é utilizado pelos produtores para a adubação de lavouras.

A incorporação destes dejetos no solo contribui para a melhoria da sua qualidade física, química e biológica. Após alguns estudos, Diesel et al. (2002) observaram que, em curto prazo, o uso do dejeto liquido de suínos tem efeito positivo sobre a produtividade das culturas, contudo em médio prazo, devido a diferença entre a composição química dos dejetos e a exigência nutricional das plantas, pode ocorrer um acúmulo de nutrientes no ambiente.

As propriedades físico-químicas dos dejetos variam conforme o sistema de manejo adotado (Oliveira, 1993), mas em média os teores dos nutrientes NPK estão em torno de 3% (N), 4% ($P_2O_5$) e 4% ($K_2O$) (MIYAZAWA & BARBOSA, 2015).

Em seu trabalho, Guimarães (2017) utilizou substratos de diferentes percentagens de mistura de lodo de suinocultura com vermilculita+casca de arroz carbonizada e obteve maior crescimento e qualidade de mudas de *E. urograndis*. Soares et al. (2018) observaram que em mudas euca-

lipto onde realizou-se aplicações de DLS tiveram um leve incremento em altura e volume de copa, algo próximo do que ocorreu com mudas sob fertilização química.

Diante da importância que a qualidade das mudas tem para com o sistema florestal em geral, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de fertilizante orgânico na matéria seca total e Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre os meses de janeiro e abril de 2019, em casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, RS, localizado a 27º23'26" latitude sul, 53º25'43" longitude oeste e a 461,30 m de altitude.

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 2018), ao qual foi adicionada a proporção de 50 % de Areia Grossa a fim de alcançar a textura de 35%, tal mistura teve como principal finalidade proporcionar um melhor manejo das raízes nas avaliações a serem realizadas, como também fazer com que os tratamentos com os diferentes tipos adubos proporcionassem maiores diferenças nutricionais às mudas do experimento, buscando a menor influência possível do solo em relação à nutrição. Os valores da análise química do solo podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo utilizado, antes e após a mistura com 50 % do volume com areia.

| Parâmetro | Original | Misturado |
|---|---|---|
| Argila | 70% | 35% |
| pH em água | 5 | 5,3 |
| Índice SMP | 5,6 | 6,33 |
| MO | 0,96 % | 0,52 % |
| Fósforo (P) | 1,8 mg/L | 0,66 mg/L |
| Potássio (K) | 23,9 mg/L | 12 mg/L |
| Cobre (Cu) | 7,9 mg/L | 4,25 mg/L |
| Zinco (Zn) | 0,77 mg/L | 0,34 mg/L |
| Cálcio (Ca) | 0,8 cmolc/L | 1,39 cmolc/L |

A semente do *E. grandis* foram obtidas no Centro de Pesquisas Florestais (FEPAGRO FLORESTAS) - Santa Maria – RS, sendo previamente desinfestadas com hipoclorito de sódio a 5% durante 20 min, após, lavadas em água destilada por 5 min. Posteriormente foram semeadas em substrato autoclavado e cultivadas até aproximadamente 10 cm de altura (ou, um par de folhas definitivas) em bandejas de poliestireno, sendo então transplantada uma muda para cada unidade experimental.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade 5L, contendo uma planta e 5 kg de solo. O solo utilizado foi submetido a três autoclavagens a 121ºC por 30 min., visando a esterilização completa do mesmo. Os adubos foram incorporados no solo dos vasos momentos antes do transplante das mudas.

Foi realizado o manejo fitossanitário preventivo a cada 21 dias, com a aplicação de inseticidas piretróides. Não houve a ocorrência de insetos e doenças durante a condução do experimento.

Ao final do experimento (90 DAT) foi avaliada a altura da parte aérea (com régua graduada a partir do nível do substrato até a inserção da última folha), o diâmetro do colo das plantas (com paquímetro digital na região do colo da planta ao nível do substrato), a massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total das mudas que foram utilizadas para a obtenção do índice de qualidade de Dickson.

As determinações de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR) foram obtidas a partir da separação destas partes na região do colo da planta, submetidas à secagem em estufa, regulada em temperatura de 65 ± 1ºC, até massa constante. A matéria seca total (MST) foi a soma das massas citadas.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$\frac{MST\ (g)}{H(cm) / DC(cm) + MSPA\ (g) / MSR\ (g)}$$

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos, Fertilizante Mineral (4-18-18) - composto por Uréia + Super Fosfato Triplo + Cloreto de Potássio - e Fertilizante Orgânico (39-9) - Fração pastosa de Dejetos de Suínos, que teve a sua formulação ajustada com o incremento de KCl e Super Fosfato Triplo -, e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2014). As médias foram analisadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, o fertilizante orgânico apresentou a maior média com 54,29 g na matéria seca total, diferindo estatisticamente das mudas dos tratamentos com o fertilizante mineral com 12,51 g.

Em seu trabalho, Silva (2017) observou que os tratamentos onde utilizou 80% da mistura DLS + cama de frango e 20% vermiculita + casca de arroz carbonizada, juntamente com o tratamento onde se utilizou 60% da vermiculita + casca de arroz carbonizada com 40% do DLS + cama de frango, sem o uso de adubação complementar possibilitou às mudas a maior massa seca total, não sendo significativamente maiores que os demais tratamentos, mas com visível superioridade. Mostrando assim a possível utilização de uma fonte de nutrientes de menor custo, sem perder a efetividade de resultados na produção.

Tais valores encontrados de crescimento das mudas vão de encontro com o trabalho de Eckhardt (2015), onde constatou um maior crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis* tratados com substratos contendo composto orgânico em relação ao substrato comercial.

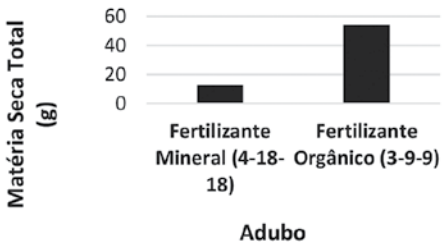



Figura 1. Quantidade de Matéria Seca Total (MST) de mudas de eucalipto submetidas a fertilizante mineral e orgânico.

Observando o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Figura 2), percebe-se que o tratamento com maior valor foi aquele onde se utilizou adubo orgânico, sendo significativamente superior ao tratamento com fertilizante mineral. Em relação a este índice, Hunt (1990), estabeleceu o valor de 0,20 como mínimo para indicar uma qualidade adequada para o plantio destas mudas.

Essa resposta encontrada em relação à utilização de resíduos orgânicos como substratos para mudas do eucalipto corrobora com os resultados encontrados no trabalho de Guimarães (2017), onde a utilização do lodo de suinocultura em mistura ao substrato proporcionou as mudas um maior incremento em altura, diâmetro e IQD.

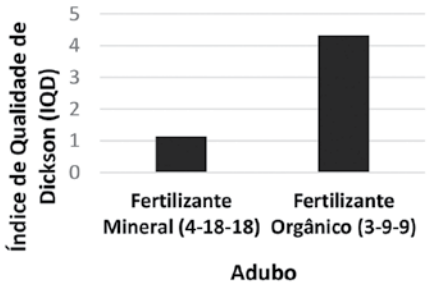



Figura 2. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de eucalipto submetidas a fertilizante mineral e orgânico.

Observa-se assim, que em qualquer uma das avaliações realizadas, os fertilizantes minerais apresentaram os menores valores nos parâmetros avaliados.

Os fertilizantes orgânicos apresentaram valores superiores nos parâmetros avaliados, indicando um melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta. Isso ocorre devido a característica de liberação dos mesmos, sendo um pouco mais lenta que os fertilizantes minerais, sofrendo através do tempo a mineralização e uma gradual liberação. Os fertilizantes minerais, disponibilizam seus nutrientes rapidamente para a muda, ficando assim também, susceptíveis a perdas. Tal natureza de liberação de nutrientes é descrita no trabalho de Severino et al. (2004), que cita a vantagem dos orgânicos em relação aos minerais, devido aos nutrientes apresentarem uma liberação gradual de acordo com a necessidade de crescimento da planta.

De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (COFS, 2016) os estercos sólidos e os adubos orgânicos, apresentam maior relação C/N e menores quantidade de nutrientes em sua forma mineral, sendo assim decompostos mais lentamente no solo e liberando menores quantidades de nutrientes para as plantas, favorecendo o acúmulo de MOS e diminuindo perdas de nutrientes.

No caso deste trabalho, é possível que tenha ocorrido perdas por lixiviação após efetuadas as irrigações nos vasos, para uma região onde não haveria contato com as raízes, impedindo assim, a absorção dos nutrientes pelas mesmas.

## CONCLUSÃO

O fertilizante orgânico possibilita maior massa seca total e índice de qualidade de Dickson de mudas de *Eucalyptus grandis* em relação ao fertilizante mineral.

## REFERÊNCIAS

Bacha CJC. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, jul./dez. 2008.

Comissão de química e fertilidade do solo (COFS rs/sc). Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

Dickson A, Leaf AL, Hosner JF. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chron., v. 36, p. 10-13,1960.

Diesel R, Miranda CR, Perdomo CC. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Boletim Informativo - BIPERS, v.10, n.14, p.4-28, 2002. [Acessado em: 14 set. 2019]. Disponível em: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf.

Eckhardt DP. Fertilizantes orgânicos: Índice de Eficiência e produção de alface, cenoura e eucalipto. 98 p. (Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM), Santa Maria, 2015. [Acessado em: 05 ago. de 2020]. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3370/ECKHARDT%2c%20DANIEL%20PA ZZINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. [Acessado em: 19 out. 2019]. Disponível em: http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=10940 03&biblioteca=vazio&busca=1094003&qFacets=109400 3&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1.

Ferreira DF. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2 [Acessado em: 10 out. 2019]. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

Guimarães JCO. Utilização de resíduos de suinocultura na produção de mudas de eucalipto. 2017. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2017.

Hunt GA. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. [Acessado em: 15 ago. 2020]. Disponível em: https://pdfs.semantics cholar.org/cc3e/46a64897ef318dd3066634618d7b2b228a 6b.pdf?_ga=2.103242050.35340611.1597802708-1032054011.1597802708.

Indústria brasileira de árvores (Iba). Relatório 2017. Brasília, DF. [Acessado em: 14 set. 2019]. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioa nual.2017.pdf.

IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2018. [Acessado em: 20 out. 2019]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualização/periódicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf.

Konzen EA. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, SC. EMBRAPACNPSA, 1983. 32 p. (EMBRAPA-CNPSA, Circular Técnica, 6). [Acessado em: 29 set. 2019]. Disponível em: https://www.infoteca. cnptia.embrapa.br/handle/doc/435305.

Miyazawa M, Barbosa GMC. Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado. Londrina, PR; IAPAR, 2015. (Boletim Técnico, 84). [Acessado em: 15 set. 2019]. Disponível em: http://www.i apar.br/arquivos/File/banner%20pequeno/dejeto_suinoa.p df.

Oliveira PAV. de. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, SC. EMBRAPA CNPSA, 1993. 188p. [Acessado em: 29 set. de 2019]. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publi cacao/434003/manual-de-manejo-e-utilizacao-dos-dejetos -de--suinos.

Oliveira RB de, Lima JS de S, Souza CAM de, Silva S de A, Filho SM. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122-128, jan./fev., 2008.

Severino LS, Costa FX, Beltrão NE de, Lucena MA de, Guimarães MMB. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbian. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande – PB, v. 5, n. 1, 2004.

Silva LCS. Produção de mudas de Eucalyptus urograndis em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais. 2017. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2017.

Soares MTS, Maeda S, Bellote AFJ, Andrade GC, Bognola IA, Fassina SH. Desenvolvimento inicial de eucalipto submetido à fertilização química e aplicação de dejetos líquidos de suínos. 4° Encontro Brasileiro de Silvicultura 9 e 10 de abril de 2018 - Ribeirão Preto, SP, Brasil. [Acessado em: 5 out. 2019]. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa .br/digital/bitstream/item/178920/1/2018-AAC-Marcia-EBSDesenvolvimento.pdf.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Massa Seca e Teor de Nitrogênio em Plantas de Rúcula Submetidas à Adubação Nitrogenada

Fabrícia Paula da Silva[1]; María José Yáñez Medelo[2] ; Júlia Karoline Rodrigues das Mercês[2]; Isaías dos Santos Reis[2]; Paulo Henrique Soares Silva[2]; Breno de Jesus Pereira[2]; Danilo dos Reis Cardoso Passos[2]; Luiz Paulo Galitzki Prado[1]; Arthur Bernardes Cecílio Filho[3]

[1]Graduando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-São Paulo, 14884-900, fabricia.paulasilva@hotmail.com, luizpaulogp.05@gmail.com; [2]Pós-graduando em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-SP, 14884-900, mariajoseym2@gmail.com, juliakaroline.j@hotmail.com, isaias.agro@hotmail.com, phsoares18@yahoo.com.br, brenojp93@gmail.com, drcpassos@gmail.com.
[3]Professor da Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-São Paulo, 14884-900, arthur.cecilio@unesp.br.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças no Brasil vem crescendo nos últimos anos, e está relacionado com mudanças no hábito alimentar da população, que está buscando consumir alimentos mais saudáveis (OLIVEIRA et al., 2015). Dentre as hortaliças mais consumidas destacam-se as folhosas como alface e mais recentemente a rúcula (*Eruca sativa* Miller). Rica em vitaminas A e C, além de cálcio e ferro. A rúcula é uma hortaliça de ciclo curto e de alto potencial produtivo (JARDINA et al., 2017). Devido a estas características, suprir demanda de nutrientes da rúcula é um desafio.

Para a obtenção de elevadas produtividades nos sistemas agrícolas o manejo da fertilidade solo torna-se indispensável. Para culturas de ciclo curto e elevada produtividade, determinar a dose de N a ser aplicada torna-se um desafio. Tendo como efeito da adubação nitrogenada o aumento no crescimento da parte aérea e na coloração das folhas, além de promover incremento de produtividade (AGUIAR JÚNIOR et al., 2010).

A produção intensiva de hortaliças aliado ao constante revolvimento do solo, leva a perdas da matéria orgânica e da fertilidade natural neste ambiente de cultivo. O plantio de espécies de rápido crescimento como a rúcula, justifica o elevado aporte de adubos sintéticos, dentre eles os fertilizantes nitrogenados (NEGREIRO et al., 2014).

Frequentemente, faz-se a recomendação de N no plantio para a cultura da rúcula de forma semelhante a outras hortaliças folhosas, sem que haja distinção entre espécie e entre as diferentes famílias que compõe este grupo, e tão pouco sobre o sistema de plantio, seja ele cultivo de campo ou cultivo protegido. TRANI et al. (2018) recomendam de 20 a 40 kg $ha^{-1}$ de N no plantio e de 90 a 150 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura. Resultados de pesquisa demostram grande variação na massa seca e no teor de N em plantas de rúcula de acordo com o ambiente de plantio,

bem como a fonte de N utilizada e forma de liberação (PURQUERIO et al., 2007; DIJKSTRA et al., 2017).

Assim, diante do exposto realizou-se este estudo com objetivo de avaliar a massa seca e teor N na rúcula em função de doses de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, de abril a junho de 2018, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP, cujas coordenadas são 21°15'22" S, 48°15'22" W e altitude de 575 metros.

O clima da região é classificado como tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18 ºC, do tipo Aw segundo classificação de Köppen-Geiger (ANDRÉ; GARCIA, 2015). No período experimental, a temperatura média, média das mínimas e média das máximas foram 20,4; 14,3 e 27,7 ºC. A umidade relativa do ar média foi de 63,5% e as médias da mínima e máxima foram 35,9 e 87,5%, respetivamente. A precipitação pluvial observada durante o período foi de 10 mm.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2018). Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,20 m, antes da instalação do experimento, o qual apresentou: pH($CaCl_2$) de 5,6; M.O.= 17 mg $dm^{-3}$; P(Resina) = 31 mg $dm^{-3}$; S = 9 mg $dm^{-3}$; Ca = 22 $mmol_c$ $dm^{-3}$; Mg = 10 $mmol_c$ $dm^{-3}$; K = 3,3 $mmol_c$ $dm^{-3}$; H+Al = 15 mmolc $dm^{-3}$ e saturação por bases (V) = 71%.

### Tratamentos e amostragens

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg $ha^{-1}$ N) e quatro repetições. Utilizou-se a ureia como fonte de nitrogênio.

Cada parcela possuiu 4 m de comprimento e 1,20 m de largura, perfazendo um total de 4,8 $m^2$ por parcela. Para compor a área útil desconsiderouse no momento da coleta das plantas as que compunham a primeira linha e as duas primeiras plantas de cada linha, desta forma coletou-se apenas as linhas centrais totalizando 3,5$m^2$ a área útil de cada parcela.

O experimento teve início no dia 10 de maio de 2018, com a semeadura da rúcula nos canteiros, que foram previamente preparados com gradagens e rotoencanteiradora. Com base na análise de solo foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 80%. A adubação de plantio foi realizada três dias antes da semeadura e constou de 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ (superfosfato simples) e 50 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ (cloreto de potássio), segundo a recomendação de TRANI et al. (2018). Foram aplicados 50 kg $ha^{-1}$ de N, exceto no tratamento testemunha (0 kg $ha^{-1}$ N).

A rúcula 'Folha Larga' foi semeada em sulcos espaçados 0,25 m entre si. Cada parcela foi constituída por 16 linhas transversais ao comprimento do canteiro. A emergência das plantas ocorreu três dias após a semeadura. Com o objetivo de adequar o espaçamento entre plantas a 0,05 m, foram realizados dois desbastes, ao 4 e 10 dias após a emergência (DAE).

Fez-se a adubação de cobertura com a quantidade complementar de nitrogênio aplicado na semeadura, aos 10 e 17 DAE das plantas. O controle de plantas daninhas foi feito de forma manual. Não houve incidência de pragas e doenças durante a condução do experimento.

A parte aérea das plantas foi lavada em água corrente, água mais solução detergente, em seguida lavadas com água deionizada. Para determinar o acúmulo de massa seca, o material foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65 ± 5 ºC até atingir massa constante. Em seguida, foi obtida a massa seca (g) com o auxílio de

uma balança eletrônica com precisão de duas casas decimais.

O teor de N foi determinado na planta toda aos 35 DAE. As plantas coletadas foram lavadas em água corrente, mergulhadas em solução ácida com a concentração de 1%, posteriormente lavadas em água deionizada. Em seguida as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 ± 5 ºC até atingir massa constante. Após a secagem o material foi moído em moinho de facas, pesado e digerido para obter os extratos usados para determinar o teor de N, utilizando-se a metodologia proposta por MIYAZAWA et al., (2009).

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas em cada época pelo teste de Tukey. Quando significativo foi feita a análise de regressão, definindo o melhor ajuste segundo a combinação de significância e maior coeficiente de determinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca e o teor de N, foram influenciados pelas doses de N (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para massa seca e teor de N em plantas de rúcula 'Folha Larga' em função de doses de nitrogênio.

| N (kg ha$^{-1}$) | MSPA g planta$^{-1}$ | N |
|---|---|---|
| Teste F | 9,63* | 13,21** |
| CV (%) | 9,75 | 3,34 |
| DMS | 0,52 | 1,93 |

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

A massa seca da parte aérea foi maior em plantas que receberam adubação nitrogenada e, também, houve ajuste do modelo polinomial quadrático (Figura 1). A massa seca da parte aérea respondeu positivamente às doses de N até 167 kg ha$^{-1}$ de N. Máxima massa seca foi de 2,6 g planta$^{-1}$.

Maiores doses promoveram efeito negativo sobre a massa seca e na ausência de adubação nitrogenada, a parte aérea da rúcula foi 34% menor.

Plantas de rúcula não adubadas com N apresentaram redução na produção de fotoassimilados. Isso pode ter ocorrido porque a luz interceptada pelas folhas não é utilizada nas reações fotoquímicas, mas dissipada na forma de calor (GROOT et al., 2003).

Foi observado incremento na massa seca até 167 kg ha$^{-1}$. Resultados semelhantes foram observados por PURQUERIO et al. (2007), estudando doses de N no cultivo de rúcula, observou incremento na massa seca (2,5 g por planta) até 240 kg ha$^{-1}$ N. Já SILVA (2017) obteve plantas com até 4,3 g por planta com 250 kg ha$^{-1}$ N. Enquanto SARDERIO et al. (2012) em condição de campo observou plantas com 5,1 g com 141 kg ha$^{-1}$ N. A massa seca está associada a uma soma de fatores, tais como altura de planta, número de folhas e área foliar, as quais podem expressar o estado nutricional das plantas, uma vez que estão relacionadas aos teores de nutrientes presente na massa seca das plantas de rúcula.

Houve ajuste polinomial quadrático para o teor de N na massa seca da parte aérea da planta de rúcula em resposta à adubação nitrogenada (Figura 2). O teor máximo estimado de N na massa seca da rúcula foi de 26,4 g kg$^{-1}$, obtido com a dose de 220 kg ha$^{-1}$ de nitrogênio (Figura 2). Plantas não adubadas com N apresentaram de 22,4 g kg$^{-1}$ de N.

De modo geral, o aumento nas fertilizações nitrogenada proporcionou incremento no teor de N, o que provocou modificações constantes no estado nutricional das plantas de rúcula Estes resultados são inferiores aos encontrados

por RATKE et al. (2011), que obteve 40,4 g $kg^{-1}$ de N na massa seca em plantas adubadas com 598 kg $ha^{-1}$ N. Os teores estão abaixo da faixa considerada adequada por TRANI et al. (2018), que sugerem teores de N na massa da rúcula de 40 a 50 g $kg^{-1}$.

## CONCLUSÕES

A máxima massa seca e teor de N em plantas de rúcula 'Folha Larga', são obtidos com a faixa de 167 a 220 kg $ha^{-1}$ N.

A rúcula 'Folha Larga' não responde às doses crescentes de forma proporcional para incrementos em massa seca e teor de nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

Aguiar Júnior RA, Guiscem JM, Silva AGP, Figueiredo RT, Chaves AM, Paiva JBP, Santos FN. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. Horticultura Brasileira, Brasília, 2010. 28:S3970–S3974.

Andre RGB, Garcia A. Aspectos climáticos do município de Jaboticabal-SP. Nucleus, 2015. 12:263270.

Dijkstra DD, Longo U, Guilherme IH, Ferreira RV, Dias LNS, Buso WHD. Cultivo de Eruca sativa sob diferentes manejos nutricionais. Revista Agrarian, Dourados, 2017. 10:61-69.

Groot CC, Boogaard R, Marcelis LFM, Harbinson J, Lambers H. Contrasting effects of N and P depriva¬tion on the regulation of photosynthesis in tomato plants in relation to feedback limitation. Journal of Experimental Botany, 2003. 54:1957–1967.

Jardina LL, Cordeiro CAM, Silva MCC, Sanches AG, Araújo Júnior PV. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, 2017. 4:78-82.

Miyazawa M, Pavan MA, Muraoka T, Carmo CAFS, Melo WJ (2009) Análise química de tecido vegetal. In: Silva FC (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. p. 191-233.

Negreiros AMP, Linhares PCF, Pereira MFS, Almeida AMB, Oliveira JD. Eficiência agroeconômica do esterco bovino em cultivo sucessivo de rúcula. Revista Verde, Pombal, 2014. 9:02-105.

Oliveira LAA, Bezerra Neto F, Silva MLS, Oliveira OFN, Lima JSS, Barros Júnior AP. Viabilidade agronômica de policultivos de rúcula/cenoura/alface sob a qualidade de flor-de-seca e densidades populacionais. Revista Caatinga, Mossoró, 2015. 28:116-126.

Purquerio LFV, Demant LAR, Goto R, Villas Boas RL. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. Horticultura Brasileira, 2007. 25:464-470.

Purquerio LFV, Demant LAR, Goto R, Villas Boas RL. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. Horticultura Brasileira, 2007. 25:464-470.

Ratke RF, Verginassi A, Basto DC, Morgado HS, Souza MRF, Fernandes EP. Production and levels of foliar nitrogen in rocket salad fertilized with controlledrelease nitrogen fertilizers and urea. Horticultura Brasileira, 2011. 29:246-249.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VAV, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Cunha TJF, Oliveira JB. Sistema brasileiro de classificação de solos, 2013 – 3 ed. ver. ampl. - Brasília, DF: EMBRAPA.

Sardeiro LS, Santana CC, Felix RS, Souza AS, Costa AA. Comportamento de rúcula sobre doses crescentes de nitrogênio no Oeste da Bahia. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Anais... 2015. Natal/RN. 1-4.

Silva PHS. Adubação nitrogenada em rúcula: Efeitos no crescimento, produtividade e nutrição. 2017. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

Trani PE, Purquerio LFV, Figueiredo GJB, Tivelli, SW, Blat SF. Alface, almeirão, agrião d'água, chicórias, coentro, espinafre e rúcula. In. Trani PE, Raij BV, Cantarella H, Figueiredo GJB (Eds.) Hortaliças: recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: CATI, 2018. p.23-26 (Boletim técnico, 251).

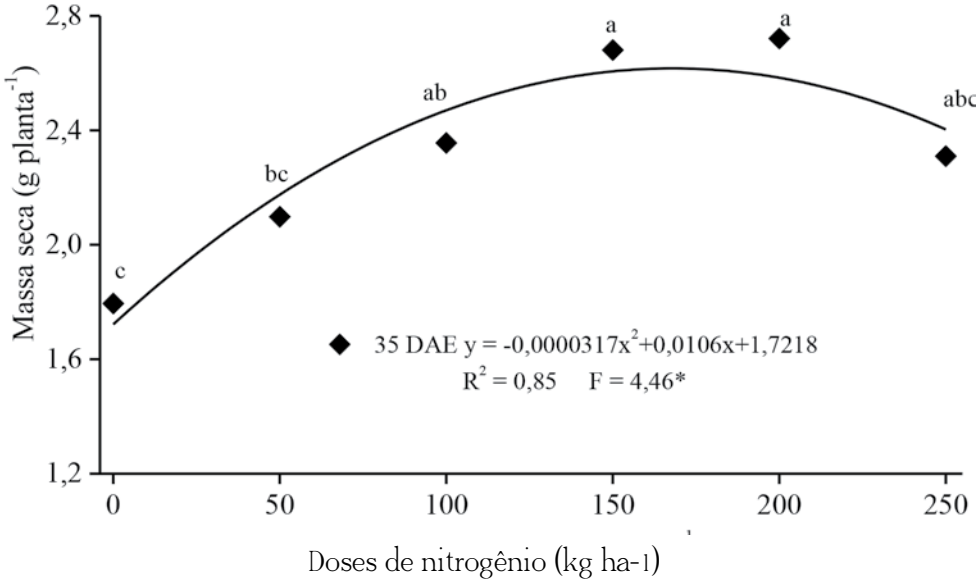



Figura 1. Massa seca da parte aérea de rúcula 'Folha Larga' em função de doses de nitrogênio (Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey, p > 0,05).

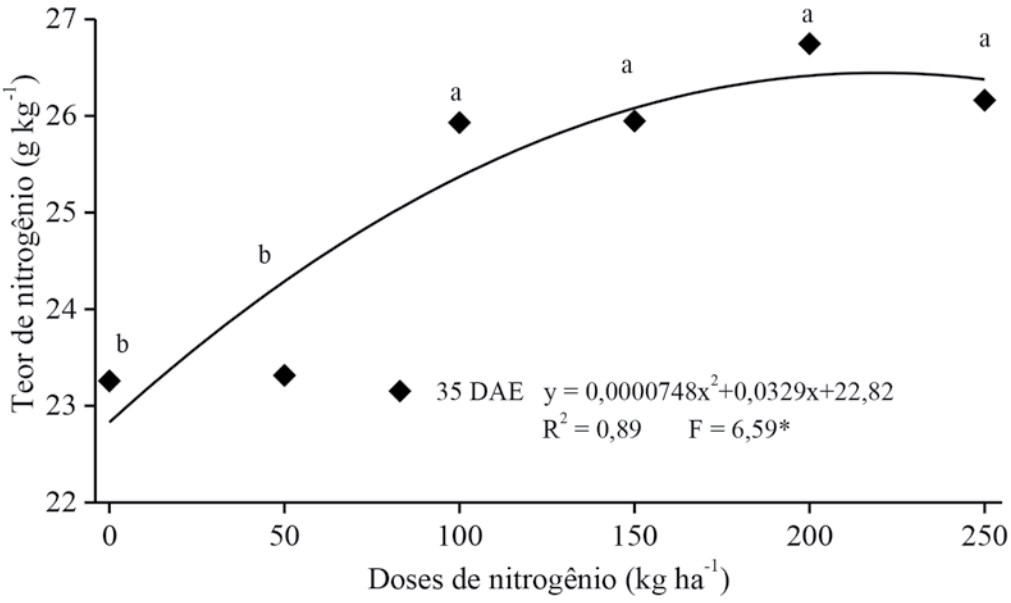



Figura 2. Teor de N na parte aérea de rúcula 'Folha Larga' em função de doses de nitrogênio (Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey, p > 0,05).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Mecanismo de proteção contra estresse hidríco por ação de ácido húmico de vermicomposto em plantas de arroz

Tadeu Augusto van Tol de Castro[1]; Débora Fernandes da Graça Mello[2]; Camila Costa Barros Souza[3]; Octávio Vioratti Telles de Moura[4]; Orlando Carlos Huertas Tavares[5]; Andrés Calderín García[6]

[1]Doutorando do Programa de PPGA-CS - UFRRJ; [2]Estudante de Graduação em Agronomia – UFRRJ; [3]Doutoranda do Programa de PPGA-CS - UFRRJ; [4]Doutorando do Programa de PPGA-CS - UFRRJ; [5]Pós-doutorando do PPGA-CS; [6]Professor do Departamento de Solos (Instituto de Agronomia) - UFRRJ

## INTRODUÇÃO

As substâncias húmicas (SH) influenciam diretamente a estrutura física, química e microbiológica dos ambientes onde estão presentes, assim como afetam o metabolismo e o crescimento das plantas. As SH obtidas a partir de vermicomposto constituem as mais usadas e promissoras, e seu uso na produção de plantas pode ser uma via para o desenvolvimento sustentável (CANELLAS et al., 2015).

De forma geral, os estresses abióticos têm grande influência negativa nos rendimentos vegetais, ainda mais se acontecerem combinações destes, o que em muitos casos são fatais para o desenvolvimento das culturas (MITTLER, 2006). Em consequência da baixa disponibilidade de água para as plantas, por exemplo, ocorre redução na condutância estomática, alteração no potencial hídrico dos órgãos vegetais, na taxa de assimilação de $CO_2$ e na taxa de transpiração (TAIZ et al., 2017). Assim como outras espécies, o arroz reage ao déficit hídrico com reduções na área foliar e na produção de biomassa, redução na altura da planta, abortamento de perfilhos e alterações na profundidade de enraizamento e massa seca das raízes (GUIMARÃES et al., 2011).

Os efeitos dos ácidos húmicos (AH) no sistema de defesa das plantas têm sido grande alvo de pesquisas nas últimas décadas (GARCÍA, 2013). Os AH têm demonstrado capacidade de reduzir os efeitos negativos resultantes da baixa disponibilidade de água em diferentes espécies de plantas. A aplicação de SH em plantas submetidas a essas condições exerce influência no sistema de defesa oxidativo, no crescimento vegetal e no desempenho fotossintético (GARCÍA et al., 2012, 2014; AGUIAR et al., 2016).

Embora existam disponíveis na literatura diversos resultados positivos sobre a bioatividade de AH em espécies vegetais submetidas ao estresse hídrico, ainda não há um consenso e padronização sobre o modo de ação dessas substâncias em plantas (GARCÍA et al., 2018).

Devido a série de efeitos benéficos evidenciados dos ácidos húmicos em plantas cultivadas em condições hídricas adversas, este trabalho teve como objetivo discutir as respostas no metabolismo e crescimento de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade BRS. Esmeralda,

submetidas à deficiência hídrica, pela aplicação de ácido húmico de vermicomposto (AHVC), assim como buscar entender um possível mecanismo pelo qual ocorrem os estímulos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em SeropédicaRJ. As atividades ocorreram no Laboratório de Química Biológica do Solo. A espécie utilizada no estudo foi o arroz (Oryza sativa L.) da variedade BRS Esmeralda, cultivado em casa de vegetação climatizada (Figura 1).

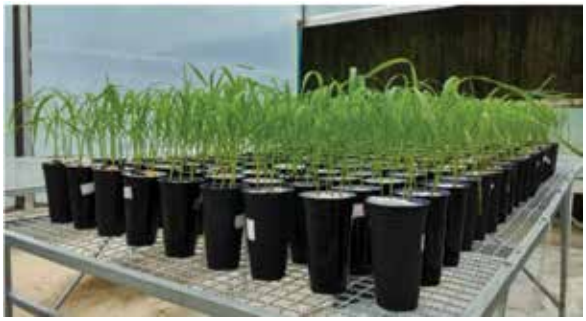


**Figura 1.** Ensaio experimental na casa de vegetação.

As sementes de arroz foram desinfestadas previamente com hipoclorito de sódio (2%) por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. Em seguida, as sementes foram transferidas a potes com gaze que continham somente água destilada. Quatro dias após a germinação das sementes, as plântulas receberam uma solução de Hoagland (HOAGLAND E

ARNON, 1950) modificada a 1/4 da força iônica total. Dez dias após a germinação das sementes, as plantas foram transplantadas para potes de 0,7L contendo solução de Hoagland a 1/2 força iônica total, onde permaneceram até a coleta. Todas as soluções preparadas tinham como fonte de nitrogênio $N\text{-}NO_3^-$ a 2mM e pH ajustado a 5,6. Quinze dias após o transplantio foi iniciada a aplicação dos tratamentos, e cinco dias após o início dos testes ocorreram as coletas.

### Aplicação dos tratamentos

Foi realizado um ensaio experimental onde ocorreu aplicação de ácido húmico via sistema radicular em plantas de arroz sob condições normais e de déficit hídrico induzido por polietileno glicol (PEG-6000). Adotaram-se quatro tratamentos: Controle; AHVC (5 mg $L^{-1}$); PEG-6000; AHVC (5 mg $L^{-1}$) + PEG6000. As plantas foram submetidas ao estresse hídrico de forma gradual, no início dos tratamentos a indução ao estresse se deu por PEG-6000 aos 15%, um dia após a aplicação do PEG a concentração foi alterada para 20%, e passados mais dois dias foi aplicado PEG aos 25%, permanecendo nesta concentração até o momento da coleta.

### Avaliação da cinética de emissão da fluorescência transiente da clorofila *a*

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi medida utilizando-se um fluorômetro portátil (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). Os clipes utilizados para estas medições foram colocados no terço médio de folhas jovens completamente expandidas, durante os cinco dias após o início dos tratamentos, às 7:00, e as medições foram realizados 20 minutos após a adaptação das folhas ao escuro. A emissão de fluorescência foi induzida em uma área de 4 mm de diâmetro da folha pela exposição da amostra a um pulso de luz saturante numa intensidade de 3.000 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, sendo o intervalo entre os pulsos de 500ms. A partir da curva de emissão de fluorescência transiente obtida, as intensidades determinadas a 50μs (fluorescência inicial - F0), 100, 300μs, 2 e 30 ms e FM (fluorescência máxima), foram utilizadas para o cálculo dos

parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995)

**Avaliação da massa fresca e seca da parte aérea e radicular**

Para avaliação da massa fresca das plantas, após a coleta foram separadas e pesadas as folhas, bainhas e raízes de cada planta individualmente, utilizando balança digital com precisão de quatro casas decimais.

Em seguida, as plantas foram armazenadas em envelopes de papel e transferidas para estufa secadora, permanecendo assim por 72 horas à 60 ºC. Passado esse período pesou-se a massa seca do sistema radicular e dos órgãos da parte aérea de cada planta, utilizando balança digital de precisão.

**Análises estatísticas**

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, utilizando um total de quatro tratamentos (Controle, AH, PEG e AH+PEG) e vinte repetições, contendo quatro plantas por pote. As análises estatísticas foram realizadas no programa Statgraphic plus v.5.5, os testes de médias foram feitos por tukey ($p<0,05$. Os gráficos foram elaborados no programa Sigmaplot 10.0 e Microsoft Excel 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros fotossintéticos obtidos pela análise do teste-JIP da fluorescência transiente da clorofila *a*, normalizados usando como referência o controle, das plantas de arroz submetidas a condições de estresse hídrico e tratadas com AHVC estão demonstrados na Figura 2.

As alterações mais expressivas dos parâmetros fotossintéticos começaram a ser observadas após 48 horas da aplicação dos tratamentos, momento em que o AHVC promoveu uma redução inicial nos índices de desempenho fotossintético na conservação de energia de excitação para redução dos aceptores de elétrons do intersistema ($PI_{ABS}$) e do índice de desempenho na conservação de energia de excitação para redução dos aceptores finais do PSI (fotossistema I) ($PI_{TOTAL}$).

A partir das 72 horas após aplicação dos testes, as plantas tratadas com AHVC passaram à apresentar o maior índice de desempenho fotossintético total (PItotal), enquanto as plantas submetidas ao estresse hídrico (PEG-6000) tiveram os menores valores desse índice, assim como a maior perda de energia na forma de calor (DIo/RC) e a maior taxa de redução da plastoquinona (TRo/RC). O tratamento contendo AH+PEG proporcionou estabilização no desempenho fotossintético em relação ao controle.

Depois de 96 horas sob as condições experimentais, a aplicação de AHVC em plantas submetidas ao estresse hídrico (AH+PEG) resultou no maior índice de desempenho fotossintético (PIabs e PItotal), enquanto as plantas que se encontravam em condições de baixa disponibilidade de água (PEG) apresentaram os menores valores. As plantas em que foram aplicadas apenas AHVC apresentaram redução no desempenho em relação ao registrado no momento anterior, ficando mais próximo ao observado em plantas controle.

Por fim, após 120 horas de contato das plantas com os testes, o estresse hídrico (PEG) continuou resultando no menor desempenho fotossintético total (PItotal) observado entre as plantas. Ambos tratamentos contendo ácido húmico de vermicomposto (AHVC e AHVC + PEG) apresentaram índice de desempenho fotossintético similares, sendo maiores do que o encontrado em plantas controle.

De maneira geral, a aplicação do AHVC desencadeou um tipo de estresse no metabolismo primário das plantas, sendo este detectado antes do estresse desencadeado pelo déficit hídrico. Após o estresse inicial originado pelo AHVC, foi observado aumento no desempenho fotossinté-

tico das plantas, sendo um indício que este distúrbio inicial possa ter resultado em estímulos nas atividades metabólicas da planta como forma de aclimatação frente ao "estresse" detectado.

Autores como Petrov et al. (2015) afirmam que alguns níveis de estresse podem resultar em melhorias no metabolismo da planta, sendo esta condição denominada "eustresse".

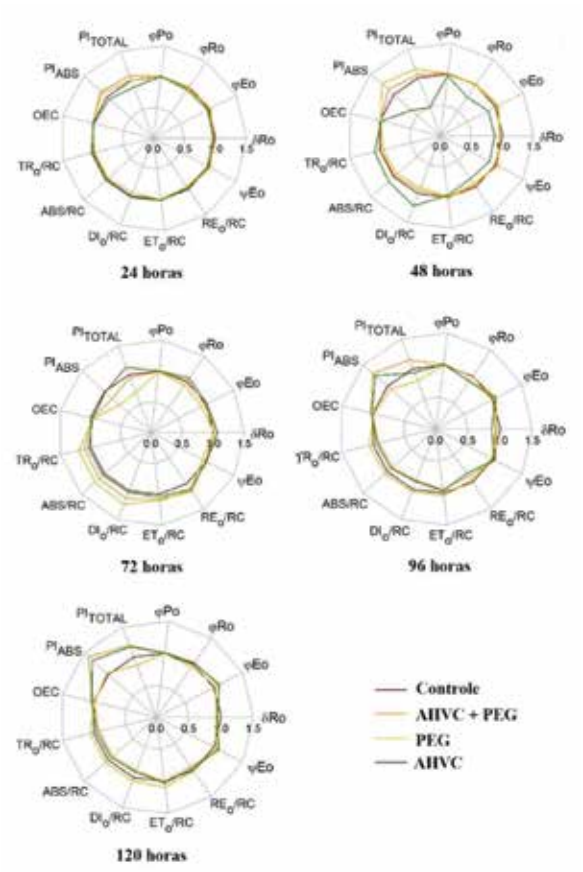



Figura 2. Parâmetros do Teste JIP obtidos de arroz (Oryza Sativa L.) da var. BRS Esmeralda submetido a diferentes condições de cultivo.

A aplicação de AHVC promoveu aumento significativo da massa fresca das raízes, bainhas e folhas, enquanto nas plantas sob estresse hídrico (PEG) houve redução da biomassa fresca em todos os órgãos vegetais, em comparação ao controle. Em plantas tratadas com AHVC+PEG, o valor de massa fresca de raízes, bainhas e folhas, apresentou valores significativamente menores do que os observados em plantas controle, porém, os valores foram significativamente maiores do que os de plantas submetidas somente ao estresse hídrico (PEG) (Figura 3). Estes comportamentos deixam claro o efeito de proteção dos ácidos húmicos sob o acúmulo de biomassa em plantas de arroz cultivadas em condição de deficiência hídrica.

Em relação a biomassa seca das raízes, as plantas sob condições de estresse PEG apresentaram estatisticamente os maiores valores. O tratamento com AHVC promoveu o aumento da massa seca, porém sem diferir significativamente do restante dos tratamentos. Na bainha, as plantas submetidas a aplicação do AHVC + PEG foram as únicas que apresentaram aumento significativo na massa seca em relação ao controle. Nas folhas, as plantas submetidas a aplicação do AHVC também apresentaram um aumento significativo da massa seca quando comparado ao controle, enquanto os tratamentos com estresse hídrico reduziram significativamente a biomassa seca foliar, sendo esta redução amenizada pela adição do ácido húmico (AHVC + PEG) (Figura 3).

O efeito dos tratamentos sobre a massa seca (g) das plantas está provavelmente associado a um processo de ajuste osmótico, visando adaptação frente ao déficit hídrico (TAIZ et al., 2017). Como observado, as raízes de plantas submetidas ao estresse por PEG-600 apresentaram os maiores valores de massa seca, possivelmente influenciado pela quantidade de solutos concentrados neste órgão visando facilitar a absorção de água. Enquanto a menor biomassa seca nas folhas pode ser um indício de que houve maior translocação de solutos deste órgão para as raízes.

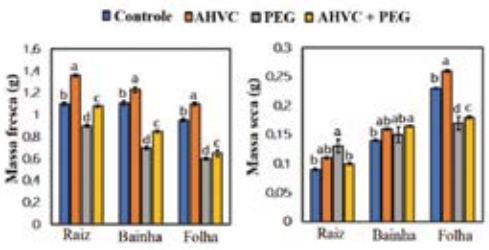



Figura 3. Massa fresca (g) e seca (g) produzida em diferentes órgãos vegetais de plantas de arroz submetidas a diferentes condições de cultivo.

## CONCLUSÕES

É evidente que nos dias iniciais de interação do AHVC com o sistema radicular ocorreu indução a um estado eustresse por alterações no desempenho da etapa fotoquímica da fotossíntese, resultando em mudanças metabólicas e no melhor desenvolvimento da planta sob estresse hídrico.

O AHVC mostrou ser eficiente na proteção de plantas de arroz cultivadas em condição de estresse hídrico, sendo responsável por estímulos sobre o metabolismo primário e sobre o acúmulo de biomassa.

**AGRADECIMENTOS**: CAPES, CNPQ, FAPERJ, Laboratório de Química Biológica do Solo e Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS

Aguiar, N.O.; Novotny, E.H.; Oliveira, A.L.; Rumjanek, V.M.; Olivares, F.L.; Canellas, L.P. Prediction of humic acids bioactivity using spectroscopy and multivariate analysis. Journal of Geochemical Exploration, v. 129, p. 95-102, jun. 2013.

Canellas, L. P.; Olivares, F. L.; Aguiar, N. O.; Jones, D. L.; Nebbioso, A.; Mazzei, P.; Piccolo, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae, v. 196, p. 15-27, nov. 2015.

García, A. C.; Santos, L. A.; Izquierdo, F. G.; Sperandio, M. V. L.; Castro, R. N.; Berbara, R. L. L. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. Journal of Ecological Engineering, 2012.

García, A. C.; Tavares, O. C. H; Balmori, D. M.; Almeida, V. S.; Cabellas, L. P.; García-Mina, J.; Berbara, R. L. L. Structure-function relationship of vermicompost humic fractions for use in agriculture. Journal of Soils and Sediments, 2018.

García, A. C. Frações sólidas humidificadas de vermicomposto: seus efeitos em plantas e capacidade de retenção de metais pesados. 2013. 130 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

Guimarães, C. M.; Stone, L. F.; Oliveira, J. P.; Rangel, P. H.N.; Rodrigues, C. A. P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 126-134, jan./mar. 2011. Disponível em:

Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Berkeley, Calif., US., 347P, 1950.

Mittler, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. TRENDS in Plant Science. Vol.11, No.1, January. 2006.

Petrov, V., Hille, J.; Mueller-Roeber, B.; Gechev, T. S. ROS-mediated abiotic stress-induced programed cell death in plants. Frontiers in Plant Science, 2015.

Strasser, B. J. and Strasser, R. J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental question: The JIP test. In: MATHIS, P. (Ed.), Photosynthesis: From Light to Biosphere. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, vol. V, p. 977–980, 1995.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6ª edição. Artmed. 2017.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Nitrogênio Mineral no Solo aos Quinze Dias Após a Aplicação da Adubação Nitrogenada na Cultura do Feijoeiro em Sistema de ILP

Anderson Clayton Rhoden[1]; Rosangela Correa de Lima[2]; Tangriani Simioni Assmann[3]

[1]Doutor, coordenador e professor no curso de Agronomia, UCEFF Itapiranga, Rua Carlos Kummer 100, Itapiranga-SC, 89896-000, andersonrhoden@uceff.edu.br; [2]Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia, UTFPR Pato Branco-PR; [3] Doutora, professora no curso de Graduação em Agronomia e Pós-graduação em Agronomia, UTFPR Pato Branco-PR.

## INTRODUÇÃO

Em sistemas de ILP a dinâmica dos nutrientes é diferente em relação a outros sistemas, inclusive o plantio direto, pois há a presença do componente animal, resultando em maior quantidade e diversidade de compartimentos, o que potencializa a ciclagem de nutrientes (ASSMANN et al., 2018).

Lemaire et al. (2014) afirmam que para maximizar a produção dos cultivos é fundamental o fornecimento de N via adubação e que o N mineral altera a atividade biológica e a dinâmica de decomposição dos resíduos orgânicos.

Bovinos sob pastejo promovem transformações nas formas e na dinâmica do N, corroborando a ciclagem e ao processo de mineralização e imobilização, o que depende da entrada de C e N via fezes e urina dos animais (ASSMANN et al., 2003; ANGHINONI et al., 2011).

A maior disponibilidade de N mineral no perfil de solo explorado pelas raízes das plantas é fundamental para a nutrição das plantas. Assmann et al. (2003) destacam que há possibilidade de lixiviação do N mineral na forma de nitrato em sistemas de ILP não adequadamente manejados, principalmente quando há maior intensidade de pastejo, deposição de fezes e urina pelos animais, negligência no manejo da adubação e ausência de restos culturais após a pastagem. A eficiência de utilização do N por plantas está atrelada a diversos fatores, tais como condições meteorológicas, época de aplicação do N e teor de N mineral no solo, além da mineralização do N dos restos culturais e matéria orgânica (BÉLANGER et al., 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar o teor de N mineral no solo aos 15 dias após a adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro em um sistema de integração lavoura-pecuária.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2016 a março de 2017 na Agropecuária C.M. Pacheco, localizada no município de Abelardo Luz, Estado de Santa Catarina (SC). A região compreende a área do planalto catarinense, na bacia hidrográfica do meio oeste catarinense, com altitude de 850 m, latitude 26º31' Sul e longitude 51º35' Oeste.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A proeminente e ho-

rizonte B latossólico, relevo suave ondulado e declividade média de 7%.

As unidades experimentais constam de doze parcelas já alocadas desde o início do experimento com ILP em 2012 (Figura 1), com área total do experimento de aproximadamente 14 ha divididos em 12 parcelas de área semelhante, com área adjacente de 10 ha para manutenção dos animais reguladores da altura da pastagem utilizados na fase pastagem do experimento.

O delineamento experimental adotado foi fatorial em blocos completos ao acaso com três repetições. Os tratamentos aplicados foram: Fator A: tempo de adubação de nitrogênio (N), sendo os tratamentos: N-Fert. Grãos com a adubação nitrogenada realizada somente na cultura de grãos; N-Fert. Pastagem com a adubação nitrogenada realizada somente na pastagem. Fator B: altura do pasto, sendo alta altura com a pastagem manejada a 25 cm (AA); baixa altura com a pastagem manejada a 10 cm (BA), conforme a Figura 1. Cabe salientar que os tratamentos aplicados foram iniciados no ano de 2012, desde o primeiro experimento realizado sob sistema de integração lavoura-pecuária.

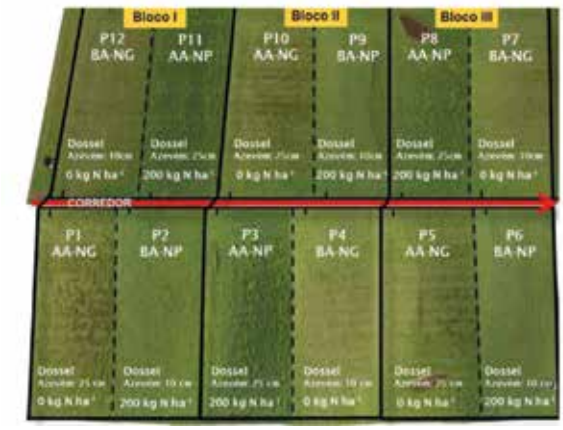



**Figura 1.** Croqui experimental com a disposição dos tratamentos de tempo de adubação de N e altura de pasto na pastagem de azevém.

Fonte: Levinski-Huf (2018).

AA: pasto manejado em alta altura; BA: pasto manejado em baixa altura; NG: adubação nitrogenada na cultura de grãos; NP: adubação nitrogenada na pastagem.

O presente experimento foi iniciado com o cultivo da pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* L.) tetraploide, cultivar Winter Star, no período de maio a novembro de 2016, em delineamento experimental blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, com três repetições. O azevém foi semeado em espaçamento entre linhas de 17 cm, densidade de semeadura de 25 kg $ha^{-1}$ e adubação de base de 400 kg $ha^{-1}$ da fórmula 8-2020 (NPK).

A adubação nitrogenada em cobertura do azevém ocorreu quando as plantas atingiram o estádio de perfilhamento, 39 dias após a semeadura, nas parcelas N-Fert. Pastagem, na dose de 200 kg de N $ha^{-1}$, utilizando como fonte ureia (46% de N), em única aplicação superficial. A partir da adubação nitrogenada da pastagem iniciou-se a cronologia e os tratamentos, alocando-se o tratamento tempo de adubação de N com a aplicação de 200 kg de N $ha^{-1}$ apenas nas parcelas denominadas N-Fert. Pastagem, já as parcelas NFert. Grãos não receberam adubação nitrogenada. Neste momento, também se iniciou o tratamento altura de pasto, sendo mantido em alta (25 cm) e baixa (10 cm) altura através do pastejo contínuo por bovinos de corte e animais reguladores da altura do pasto. O período de pastejo foi contínuo durante 126 dias. Aos 15 dias antes da semeadura do feijão realizou-se a dessecação da pastagem, resultando em aproximadamente 2 t $ha^{-1}$ de matéria seca residual.

No dia primeiro de dezembro de 2016 foi iniciado a fase cultura de grãos com a semeadura do feijão preto (*Phaseolus vulgaris)*, cultivar IPR Tuiuiu, em densidade de semeadura de 14 sementes $m^{-1}$ linear, espaçamento entre linhas de 45 cm e profundidade de semeadura de 4 a 5 cm.

Na cultura de grãos foi aplicado o tratamento tempo de adubação de N, sendo no tratamento NFert. Grãos aplicado 100 kg de N $ha^{-1}$ em cobertura, com o feijoeiro em estádio V3, em única

aplicação, utilizando como fonte de N ureia (46% de N), realizado no dia 5 de janeiro de 2017. No tratamento N-Fert. Pastagem não se procedeu a aplicação de N. O fator altura do pasto não foi aplicado nesta fase experimental, o que ocorreu na fase pastagem, todavia, manteve-se a avaliação de tal fator com o objetivo de verificar o efeito residual das diferentes alturas de pasto sobre o feijoeiro.

No período de condução da cultura do feijoeiro foi incluído aos tratamentos mais um fator, doses de N em todas as unidades experimentais, sem exceção, procedimento realizado no dia 05 de janeiro de 2017. Para que fosse possível trabalhar com as doses de N, foram alocadas quatro subparcelas de 61,2 $m^2$ cada (17 linhas x 8,0 m de comprimento), em cada uma das parcelas com o objetivo de avaliar o efeito de doses de N sobre os tratamentos já consolidados. As doses de N foram 0; 50; 100 e 150 kg $ha^{-1}$, utilizando o fertilizante ureia (46% de N), constituindo um esquema fatorial do tipo 2 x 2 x 4, sendo os fatores avaliados tempo de adubação de N, altura de pasto e doses de N, respectivamente. Cabe salientar que as doses de N foram aplicadas nas subparcelas alocadas dentro de cada parcela, já no restante da área das parcelas denominadas N-Fert. Grãos foram aplicados 100 kg de N $ha^{-1}$. Nesta fase as parcelas N-Fert. Pastagem não receberam N.

Na fase cultura de grãos o delineamento experimental consistiu em esquema trifatorial, 2 x 2 x 4: Fator A: tempo de adubação de N, em dois níveis: N-Fert. Pastagem, com a adubação nitrogenada somente na pastagem de azevém, NFert. Grãos, com a adubação nitrogenada somente no feijoeiro. Fator B: altura de pasto, em dois níveis: pastagem manejada em alta altura, 25 cm (AA) e pastagem manejada em baixa altura, 10 cm (BA). Fator C: doses de N em subparcelas alocadas em cada parcela experimental, sendo: 0; 50; 100 e 150 kg de N $ha^{-1}$.

Para a avaliação do teor de N mineral no solo incluiu-se um quarto fator, profundidade de solo, sendo: 0-5; 5-10; 10-20; 20-40; e 40-60 cm. A coleta de solo ocorreu 15 dias após a adubação nitrogenada do feijoeiro, em 20 de janeiro de 2017. A coleta de solo ocorreu em três pontos aleatórios dentro de cada subparcela, formando uma amostra composta. O esquema fatorial para esta avaliação foi do tipo 2 x 2 x 4 x 5 (tempo de adubação de N, altura do pasto, doses de N, profundidade de solo).

Os dados referentes a amostragem de solo na fase cultura de grãos para determinação do N mineral foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, havendo diferença significativa, avaliados pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao teor de N mineral no solo aos 15 dias após a adubação nitrogenada do feijoeiro, evidenciou-se interação dupla do tempo de adubação de N e altura do pasto (P=0,0180), altura do pasto e doses de N (P=0,0131). Já a profundidade de solo apresentou efeito isolado sobre o teor de N mineral.

Aos 15 dias após a adubação nitrogenada no feijoeiro foi constatado incremento no teor médio de N mineral do solo quando o pasto foi manejado em baixa altura do tratamento N-Fert. Grãos (58,25 mg $kg^{-1}$) para N-Fert. Pastagem (77,41 mg $kg^{-1}$), porém sem diferença significativa entre o pasto manejado em alta altura no tratamento N-Fert. Grãos (65,23 mg $kg^{-1}$) e N-Fert. Pastagem (63,19 mg $kg^{-1}$), o que pode ser evidenciado na Figura 2.

Esse resultado reforça a hipótese de que o N aplicado na pastagem cultivada no inverno e mantida em baixa altura é ciclado da fase pastagem para a fase cultura de grãos, com aumento nos teores de N mineral no solo, corroborando as constatações de Assnamm et al. (2003), Ass-

mann et al. (2018), Bortolli (2016), Levinski-Huf (2018) e Maccari (2016).

Ao avaliar a interação da altura de pasto e doses de N sobre o teor de N mineral no solo, evidenciase com o pasto manejado em alta altura teores médios semelhantes e sem diferença significativa, independente da dose de N, resultando em comportamento do N mineral em função da dose em uma equação de segundo grau decrescente, todavia, quando o pasto foi manejado em baixa altura, verificou-se diferença significativa no teor de N mineral do solo entre a dose zero e as doses 50 e 100 kg de N $ha^{-1}$, e destas com a dose 150 kg de N $ha^{-1}$, havendo incremento com a dose de N aplicada, sendo representada por uma equação de segundo grau crescente (Figura 3).

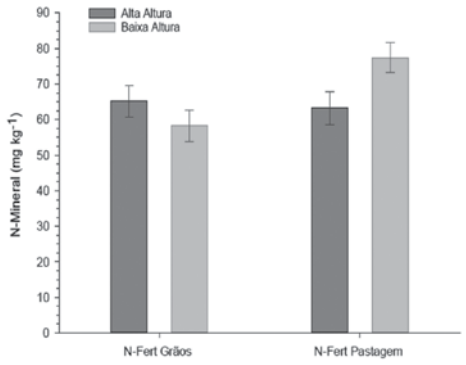



**Figura 2.** Teor de N mineral no solo aos 15 após a adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em função do tempo de adubação de N e altura de pasto.

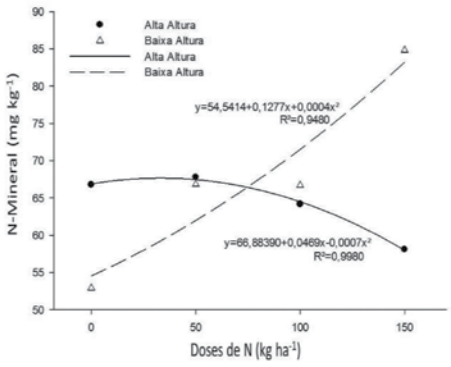



**Figura 3.** Teor de N mineral no solo aos 15 dias após a adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em função da altura de pasto e das doses de N.

O pasto manejado em baixa altura e o feijoeiro recebendo adubação nitrogenada de 150 kg $ha^{-1}$ resultou em maior teor médio de N mineral do solo, o que se deve a adubação nitrogenada e ao aporte de fezes e urina pelos animais. Quando o pasto foi manejado em alta altura e o feijoeiro não recebendo adubação nitrogenada, o teor de N mineral no solo apresentou comportamento semelhante aos tratamentos com doses de N, o que pode estar atrelado ao fato que o azevém recebeu N, resultando em restos culturais de melhor qualidade que podem ter corroborado ao aumento no teor de N mineral no solo.

Na Figura 4 evidencia-se o efeito isolado da profundidade de solo sobre o teor de N mineral. Maiores teores foram observados nas camadas de 0 a 5; 5 a 10 e 40 a 60 cm de profundidade, 73,94; 68,13 e 73,25 mg $kg^{-1}$ de solo, respectivamente, porém, com diferença significativa somente para a camada de 10 a 20 cm de profundidade.

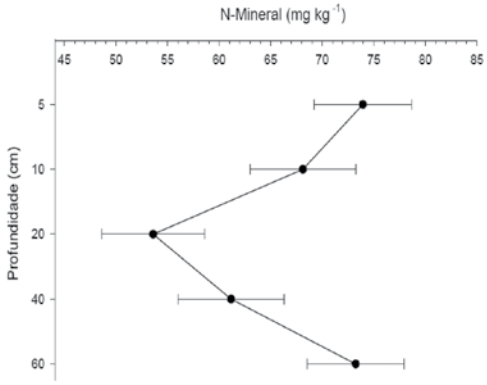



**Figura 4.** Teor de N mineral no solo aos 15 dias após a adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em função da profundidade do solo.

Maiores teores de N mineral na camada de 0 a 5 e 5 a 10 cm de profundidade são esperados em função da adubação nitrogenada, restos culturais do azevém, presença de raízes e atividade biológica (MACCARI, 2016; LEVINSKI-HUF, 2018), todavia, elevados teores de N mineral em maio-

res profundidades não são esperados, o que pode indicar que em sistemas de ILP, devido a presença do componente animal, entrada de C e N e atividade biológica, processos relacionados ao ciclo do N no solo sejam alterados, contribuindo para manter o N ciclando entre as fases do sistema, bem como aumentando sua disponibilidade em profundidade, o que remente na importância do pousio zero, de haver sempre plantas crescendo sobre o solo para a absorção do N, maximizando seu uso e ciclagem.

## CONCLUSÃO

A adubação da pastagem manejada em baixa altura promoveu incremento no teor de N mineral do solo avaliado na cultura do feijoeiro.

A adubação nitrogenada do feijoeiro aumentou o teor de N mineral no solo, principalmente na camada de 0 a 10 cm.

## REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I.; ASSMANN, J.M. Ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-pecuária de corte em plantio direto e implicações na adubação. In: III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. Synergismus Scyentifica, UTFPR, Pato Branco, 2011.

ASSMANN, T. S.; MARTINICHEN, D.; LIMA, R. C.; LEVINSKI-HUF, F.; ZORTEA, T.; ASSMANN, A. L.; MORAES, A.; ALVES, S. A. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D. et al. (eds.) Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. 1 ed. Tubarão: Copiart, 2018.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI, J. P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.; KOEHLER, H; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavourapecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. Rev. Bras. Ciên. Solo, Viçosa, v.27, p.675-683, 2003.

BÉLANGER, G.; ZIADI, N.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H. Residual soil nitrate after potato harvest. J. Environ. Qual.v.32, p.607612, 2003.

BORTOLLI, M. A. Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária. Tese (Doutorado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2016.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated croplivestock systems: Strategies to achieve synergy between Agriculture, Ecosystems & Environment. v.190, june, p.4-8, 2014.

LEVINSKI-HUF, F. Adubação de sistemas e comportamento dos nutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de PósGraduação em Agronomia, Pato Branco, 2018.

MACCARI, M. A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura-pecuária? Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Níveis de matéria orgânica e disponibilidade de fósforo em áreas cultivadas em sucessão e rotação com arroz irrigado no RS

Glaciele Barbosa Valente[1]; Pamela Scolaro[2]; Karina Scheffer Santos[3]; Kimberly Greice Kunze Bastos[2]; Giovanna Gelak Spinelli[2]; Lucas Morais Cardoso [2]

[1]Técnico Superior Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz, Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, nº 1.494, Cachoeirinha-RS, 94930-030, glaciele-valente@irga.rs.gov.br; [2]Estagiário de Inciação Científica; Instituto Rio Grandense do Arroz.; [3] Técnico Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz

## INTRODUÇÃO

As terras baixas do Rio Grande do Sul (RS) eram cultivadas apenas com arroz irrigado, mas desde a safra 2010/11 a soja vem ocupando a cada safra uma maior área. Na safra 2019/20 foram cultivadas 936.316 ha de arroz e 341.188 ha de soja (IRGA, 2020). Ou seja, já é realizada a rotação de cultura em 36% da área de arroz irrigado do RS. Além da rotação de culturas, vem se observando aumento das áreas com cobertura durante o outono-inverno. A pecuária extensiva sempre teve presente nas áreas orizícolas, principalmente na Zona Sul, Campanha e Fronteira Oeste do Estado, mas ultimamente essa atividade vem se tornando mais intensiva e se aliando às lavouras de soja e arroz nos sistemas integrados de produção (Carmona et al, 2018).

O principal motivo da adoção da soja em terras baixas foi o controle de plantas daninhas resistentes ao principal grupo de herbicidas utilizado na lavoura de arroz. No manejo da fertilidade dos solos de terras baixas, a soja trouxe mudanças, como o uso de maiores doses de adubo fosfatado e calagem (Almeida & Anghinoni, 2018) . Segundo os autores, a maioria dos solos de terras baixas possuem níveis de fósforo muito baixo para as culturas de sequeiro e mesmo que, para a cultura do arroz irrigado ocorra uma maior proporção de solos acima do nível crítico, esses níveis vêm diminuindo ao longo do tempo.

A soja tem uma menor capacidade de aporte de resíduos ao solo do que o arroz (Carmona, et al. 2018). Mesmo em terras altas, o aporte de carbono ao solo na rotação de milho e soja é menor que no monocultivo de milho (Nicoloso, et al., 2008). Na comparação com o monocultivo de arroz, as áreas onde é realizada a rotação com soja, ficam por maior tempo em condições de sequeiro, favorecendo a decomposição da matéria orgânica ( Ponnamperuma, 1972).

Diante do menor aporte de resíduos e a maior decomposição dos resíduos orgânicos no solo na rotação com soja, o uso de plantas de cobertura no outono/inverno é uma ferramenta para aumentar os níveis de matéria orgânica no solo (Amado et. al., 2001). A matéria orgânica é um dos indicadores de qualidade de solo, por ser sensível às mudanças de manejo e desempenhar funções importantes tais como, fonte de energia

para microbiota, ciclagem de nutrientes, estruturação do solo, complexação de elementos tóxicos, entre outras (Conceição et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar como os níveis de matéria orgânica e fósforo em lavouras de arroz irrigado do RS são afetados por cultivos em sucessão e rotação ao arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) realizou, na safra 2019/20, uma ação conjunta da Pesquisa com a Extensão para acompanhar o primeiro ano de cultivo comercial da cultivar IRGA 431 CL. Foram acompanhadas 215 lavouras pelos extensionistas do Departamento de Assistência Técnica e Extensão Rural (DATER/IRGA). Foram coletadas amostras de solo em 175 lavouras em uma área de 6.852 ha, distribuídas nas seis Regiões Orizícolas do RS: Zona Sul (39), Campanha (31), Fronteira Oeste (50), Planície Costeira Interna (6), Região Central (46) e Planície Costeira Externa (3). Antes da semeadura do arroz da safra (2019/20), foram coletadas 20 subamostras de solo por lavoura na camada de 0-20 cm para formar uma amostra representativa da lavoura amostrada. Essas amostras foram analisadas no Laboratório de Solos do IRGA em Cachoeirinha para os seguintes atributos: matéria orgânica (oxidação por solução sulfocrômica com calor externo e determinação espectrofotométrica do $Cr^{3+}$) e os teores disponíveis de fósforo pelo método Mehlich 1, conforme Tedesco et al. (1995).

Através de questionários e acompanhamento das lavouras pelos extensionistas do IRGA, foram levantadas informações do manejo realizado. Entre elas, as culturas que antecederam a semeadura de arroz na primavera/verão da safra de 2018/19 e no outono/inverno de 2019. Foi considerada área de campo, aquela que estava em pousio, sem implantação de plantas de cobertura, mas pastejadas por mais de cinco safras. Nas áreas em pousio em períodos inferiores a esse. Pastagem, onde foram implantadas plantas de cobertura tanto na primavera/verão de 2018/19 como no outono/inverno de 2019 com realização de pastejo. Nas coberturas do outono/inverno de 2019 após soja ou arroz na safra 2018/19 não foi coletada a informação se foram pastejadas ou não.

O enquadramento dos níveis de matéria orgânica e das classes de disponibilidade de fósforo no solo foram realizadas o Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Níveis de matéria orgânica no solo

Das áreas acompanhadas, 67 % apresentaram matéria orgânica na classe Baixo (inferior a 2,5 %), 32 % na classe Médio (entre 2,5% e 5 %) e apenas 1% na classe Alto (superior a 5%). A predominância de solos com baixos níveis de matéria orgânica é uma característica das áreas produtoras de arroz do RS (Boeni et al., 2010). Em quase a totalidade da área cultivada com o arroz irrigado é realizado algum revolvimento do solo, apenas cerca de 5% da área é cultivada em plantio direto (IRGA, 2020). Apesar de ter aumentado a utilização de cobertura na entressafra, a maioria das áreas ficam em pousio durante o outono/ inverno.

A incidência de 32% das lavouras na classe Médio de matéria orgânica foram superiores aos níveis encontrados por Boeni et al. (2010). Apesar de ter sido levantada a cultura que antecedeu a semeadura de arroz apenas na safra 2018/19 e no inverno 2019, essa informação dá o indicativo de manejo adotado na área nas demais safras. Na maioria das lavouras (89 %), o solo se enquadrou na classe Médio de matéria orgânica

( safra 2018/19), quando o arroz foi antecedido por azevém como planta de cobertura ( Figura 1). Essa sucessão tem alta capacidade de aportar resíduos ao solo, pois a cada tonelada de grão produzido o arroz aporta cerca de outra tonelada de resíduo (Unkovich et al, 2010). As plantas de cobertura, principalmente as gramíneas quando adubadas, podem produzir acima de 6 Mg $ha^{-1}$ de resíduo, mesmo em ambientes de terras baixas ( Carmona et al., 2018). Além do alto aporte de resíduo, o acúmulo de carbono é favorecido nessa sucessão de culturas, devido à menor degradação, uma vez que o solo permanece em condição de anaerobiose durante o cultivo do arroz ( Ponnamperuma, 1972).

Logo a seguir, o maior percentual de áreas com os níveis médios de matéria orgânica foram as áreas de campo (72 %), pastagem (51 %) e pousio (48 %) (Figura 1) . As áreas de campo e pousio ficam maiores períodos sem ser cultivadas com arroz; entretanto, à medida que se intensifica o preparo convencional e sem cobertura durante o inverno, provavelmente esses índices caiam. As pastagens com a presença de animais em pastejo, desde que bem manejado, em maior período de tempo possuem grande capacidade de aporte de resíduos (Carmona et al, 2018).

O menor percentual de áreas com níveis de matéria orgânica na classe Médio (13 %) foi ocorreu quando o arroz foi cultivado em rotação com a soja sem cobertura durante o inverno (Figura 1) . A soja, como antes referido, aporta menor quantidade de resíduo que o arroz ( Carmona et al., 2018); e também o solo fica drenado por um maior período de tempo, ocorrendo maior decomposição do carbono (Nascimento et al., 2009). Onde foi adotado a cobertura durante o outono inverno (2019) após o cultivo de soja, houve aumento do percentual de áreas com níveis de matéria orgânica na classe Médio (22 %) em relação ao pousio (Figura 1), ficando próximo onde as áreas foram cultivadas com arroz na safra 2018/19 e deixadas em pousio durante o inverno de 2019.

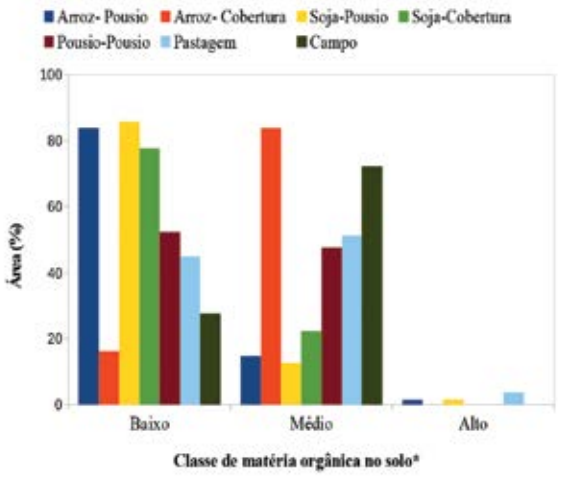



**Figura 1.** Percentual de área em cada classe de matéria orgânica no solo de acordo com a cultura que antecedeu o arroz irrigado (safra 2018/19) seguido por diferentes manejos no outono inverno de 2019.

***** Conforme classes constantes no SBCS/2016.

## Disponibilidade de fósforo no solo

Das lavouras acompanhadas, 48% estão abaixo do teor crítico (6,0 mg $dm^{-3}$) de fósforo disponível para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018), ou seja, nas classes Muito baixo, Baixo e Médio (Figura 2). Esses percentuais são 10% superiores aos encontrados por Boeni et al. (2010), indicando que está ocorrendo uma reposição menor que a exportação desse nutriente na cultura do arroz irrigado. Na safra 2009/10, ano da publicação do levantamento de Boeni et al. (2010), a produtividade média de arroz irrigado no RS foi de 6,5 Mg $ha^{-1}$ e na última safra, 2019/20, atingiu 8,4 Mg $ha^{-1}$. Para a cultura da soja quase a totalidade da área está com os níveis de fósforo no solo abaixo do teor crítico, considerando a classe de argila 4, com predominância na classe Muito baixo (Figura 2), tal como citado por Almeida & Anghinoni (2018).

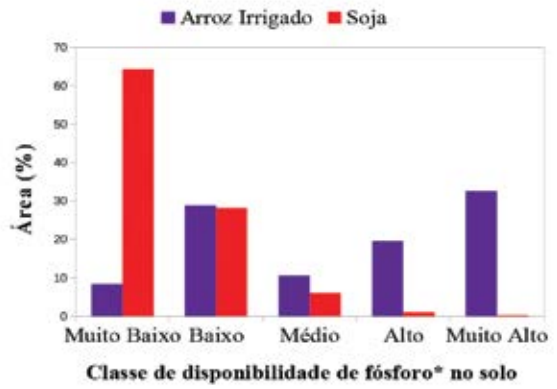



Figura 2. Percentual de área acompanhada nas classes de disponibilidade de fósforo no solo para as culturas de soja e arroz irrigado.

* Para soja foi utilizado a Classe de argila 4, conforme classes de argila constantes no SBCS/201.

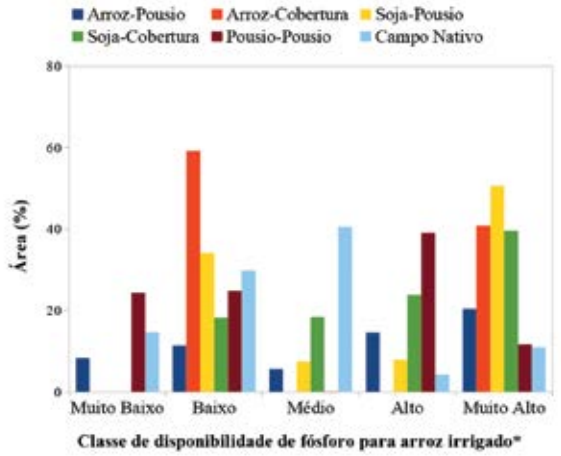



Figura 3. Percentual de área em cada classe de disponibilidade de fósforo no solo de acordo com a cultura que antecedeu o arroz irrigado, na primavera verão da safra 2018/19 e no outono inverno de 2019.

* Conforme classes constantes no SBCS/2016.

Nas classes de disponibilidade de fósforo para a cultura do arroz irrigado, ocorreram maiores percentuais de área na classe Muito alto onde, na safra 2018/19 a soja foi cultivada (Figura 3) . Por ser uma cultura de sequeiro, a soja necessita ser adubada com maiores quantidades de fósforo do que o arroz irrigado. Possivelmente esteja sendo adicionado fósforo na soja para atingir produtividades maiores das que estão sendo alcançadas, 1,9 Mg $ha^{-1}$ na safra 2019/20.

## CONCLUSÕES

Nas lavouras das seis Regiões Orizícolas do RS ocorre maior percentual de solos na classe Baixo de matéria orgânica, principalmente quando ocorre rotacão com soja sem cobertura durante o inverno. Entretanto, a introdução de plantas de cobertura em sucessão ao arroz ou à soja aumenta esses níveis.

Os níveis de fósforo disponível nessas lavouras estão predominantemente acima do crítico para arroz irrigado na maioria das áreas, especialmente onde ocorre a rotação com soja

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos extensionistas do IRGA pela coleta de amostras de solo e acompanhamento e levantamento de informações das lavouras, como também aos técnicos do Laboratório de Solos do IRGA, pela realização das análises químicas do solo. Ao Cnpq, pelas bolsas de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

Almeida D, Anghinoni I. Projeto soja 6.000: manejo para alta produtividade em terras baixas. 2. ed. Porto Alegre: JRJ, 2018. 96 p

Boeni M, Anghinoni I, Genro Jr. SA, Osório Filho BD. Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz; 2010. (Boletim técnico, n. 9).

Amado TJC, Bayer C, Eltz LF, Brum ACR. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo 2001; 25:189-197.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p. 9-26

Carmona FC, Denardin LGO, Martins AP, Anghinoni I, Carvalho PCF. Sistemas integrados de produção agropecuária em Terras Baixas. Porto Alegre: Edição dos autores; 2018 (Boletim técnico)

Conceição PC, Amado TJC, Mielniczuk J, Spagnollo E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. R. Bras. Ci. Solo. 2005; 29:777-788.

Instituto Rio Grandense do Arroz- IRGA. Boletim de resultados da lavoura – safra 2019/2020: Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação, agosto/2020. [Acessado em: 31 ago. 2020]. Disponível em: https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008/1914480 8boletim-de-resultados-da-lavoura-safra-2019-2020irga.pdf

Instituto Rio Grandense do Arroz. IRGA. Área e produção de arroz, agosto de 2020a. [Acessado em 03 set. 2020]. Disponível em: https://irga-admin.rs.gov.br/ upload/arquivos/201909/19141756--producao-rs-xbr.pdf

Nascimento PC, Bayer C, Silva Netto LF, Vian AC, Vieiro F, Macedo VR, Marcolin E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. R. Bras. Ci. Solo. 2009; 33: 1821-1827.

Nicoloso RS, Lovato T, Amado TJC, Bayer C, Lanzanova ME. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. R. Bras. de Ci. do Solo. 2008; 32: 2425-2433.

Pinto LFS, Laus Neto JA, Pauletto, EA. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: Gomes A.S, Magalhães A.M. Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 75-96.

Ponnamperuma FN. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, Amsterdam, v. 24, p. 29-96, 1972

Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. [S.l.]: Viçosa, SBCS. 2016. 376 p

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim Técnico, 5).

Unkovich M, Baldock, J , Forbes F . Variability in Harvest Index of Grain Crops and Potential Significance for Carbon Accounting: Examples from Australian Agriculture. Advances in Agronomy. 2010;105:173-219.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# O nocaute gênico do fator de transcrição *OsDof26* prejudica a produção biomassa e caracteres agronômicos em arroz

Mayhara da Costa Pereira[1]; Renan Pinto Braga[2]; Alex Gomes Saraiva Junior[3]; Leandro Azevedo Santos[4]; Manlio Silvestre Fernandes[4]

[1]Graduanda em Agronomia, UFRRJ, Rua Coronel Bernardino de Melo, 4705, casa 134, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. CEP: 26262070, E-mail: mayhara-pereira@hotmail.com; [2]Doutorando; Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, PPGA-CS/UFRRJ; [3] Graduando em Agronomia, UFRRJ; [4]Professor Associado- Instituto de Agronomia, Departamento de Solos/UFRRJ; [4] Professor emérito – Instituto de Agronomia, Departamento de Solos/UFRRJ.

## INTRODUÇÃO

Fatores de Transcrição (FT) são proteínas regulatórias da expressão gênica que podem controlar diversos genes numa rota metabólica. FT da família DNA *binding with one finger* (Dof) são exclusivos de plantas clorofiladas e estão relacionados diretamente com o metabolismo vegetal (SANTOS, 2012). A melhor compreensão da função de FT envolvidos com o metabolismo de Nitrogênio (N) e Carbono (C) é uma das estratégias que visam melhorar a produção de alimentos até 2050, que prevê um crescimento populacional de 9 bilhões de habitantes (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012).

O arroz é um alimento básico e de extrema importância para a alimentação mundial. De acordo com a FAO (*Food and Agriculture Organization*) a produção mundial de arroz em 2016 alcançou 740 mega toneladas (FAOSTAT, 2016). Desde a revolução verde, a produção de alimentos mais que dobrou, no entanto, estima-se que em 2050, para continuar atendendo às necessidades humanas, a produção de alimentos deverá aumentar até 1,7 vezes (GOOD et al., 2004). No Brasil, a área plantada de arroz teve redução de 26%. No entanto, a produção desse cereal aumentou 69% e isso se deve à utilização de variedades melhoradas geneticamente e ao uso de fertilizantes.

Até o presente momento, sabe-se que o FT *OsDof26* é um ativador da enzima Piruvatofosfato dikinase cloroplástica (ZHANG et al., 2015), uma enzima muito importante no metabolismo $C_4$ que converte piruvato em fosfoenolpiruvato na bainha perivascular. Apesar disso, também está presente nos cloroplastos de plantas $C_3$. Nenhum estudo foi feito até o momento, para estudar os efeitos do nocaute gênico desse FT sobre o metabolismo de arroz. Este trabalho visou estudar os efeitos do nocaute gênico do FT *OsDof26* sobre o metabolismo de Nitrogênio (N) e Carbono (C) em plantas geneticamente modificadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

Sementes de arroz cv. *Nipponbare* foram descascadas e desinfestadas para formação de calos embriogênicos para transformação, segundo Toki et al. (2006) com modificações. Os calos obtidos foram expostos em contato com

bactérias *Agrobacterium tumefasciens* transformadas contendo vetor pRGEB31 (Addgene®) com a arquitetura para inserir o complexo CRISPR-Cas9 com RNA guia alvo para o gene *OsDof26* (LOC_Os09g29960). Os calos foram levados para meio de seleção contendo antibiótico específico. Os calos sobreviventes foram levados para meio de indução de parte aérea e de raízes. As plântulas obtidas foram levadas para câmara de crescimento para aclimatação e posteriormente para casa de vegetação. Destas plantas, foi extraído DNA que foi enviado para sequenciamento (**Figura 1**). Três linhagens homozigotas para a mutação genética foram selecionadas e cultivadas até o final do ciclo para obtenção de sementes que foram utilizadas para a condução dos experimentos.




**Figura 1.** Sequenciamento do gene *OsDof26* das linhagens mutantes e o tipo selvagem. O retângulo vermelho evidencia a inserção de uma Timina (mutação por inserção).

## Condução do experimento

Sementes de arroz do tipo selvagem (cv. *Nipponbare*) e as linhagens transformadas foram desinfestadas em hipoclorito de sódio 2,5% por 15 minutos e então lavadas diversas vezes com água destilada. As sementes foram dispostas sobre gaze embebida com água destilada e postas para germinar. Quatro Dias Após a Germinação (DAG), as plântulas receberam solução nutritiva de Hoagland a ¼ de força iônica e modificada para 1,5 mM de nitrato ($NO_3^-$) e 0,5 mM de amônio ($NH_4^+$). Aos 7 DAG, as plântulas foram transferidas para potes contendo 0,9 L de solução nutritiva e foram divididas em dois tratamentos: 2,0 mM de $NO_3^-$ (pH 5,8), ou 2,0 mM de $NH_4^+$ (pH 6,0). A cada 72h a solução nutritiva era trocada por uma nova. O pH era ajustado apenas no preparo da solução. O experimento foi conduzido até os 30 DAG. Para a coleta, as plantas foram separadas em raiz, bainha e folha, tendo seus pesos anotados.

Outro grupo de plantas foi transferido para vasos contendo terra de um Chernossolo, onde foram mantidas até o final do ciclo para coleta dos dados de caracteres agronômicos. Foi feita aplicação parcelada de N na forma de Ureia (30/30 Kg $N.ha^{-1}$) aos 7 DAG e no início da diferenciação floral (emborrachamento), aos 50 DAG.

Ambos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Instituto de Agronomia da UFRRJ.

## Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 repetições, em esquema fatorial 4x2 (plantas tipo selvagem e três linhagens mutantes e duas fontes de N ($NO_3^-$ ou $NH_4^+$ a 2,0 mM) para o experimento de fontes de N. E inteiramente casualizado com 5 repetições, em esquema fatorial 4x1 (plantas tipo selvagem e três linhagens mutantes e uma de N (ureia) parcelada em duas aplicações.

Os dados foram submetidos a ANOVA com aplicação do teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) e barra de erro padrão, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Massa e Caracteres Agronômicos

O experimento mostrou que as plantas mutantes produzem menor massa quando comparadas com o tipo selvagem, em ambas as fontes de N aplicadas (**Tabelas 1 e 2**). Isso mostra que a mutação afetou o desenvolvimento da planta. O

desenvolvimento de uma planta pode estar relacionado a diversos fatores, como hormônios de crescimento, assimilação de nutrientes, fixação de carbono (STITT, 1999; KOCH, 2004).

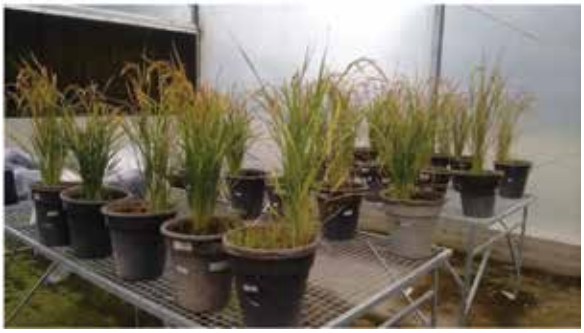


Figura 2. Avaliação do desenvolvimento de plantas mutantes para o gene *OsDof26* em comparação com o tipo selvagem.

De forma geral, as plantas mutantes apresentaram caracteres agronômicos muito inferiores ao tipo selvagem. Os caracteres analisados: grãos cheios e grãos vazios, a esterilidade da espigueta, a eficiência de utilização de N (fertilizante aplicado (g) / peso de grãos cheios (g), (MOLL et al. 1982) e altura de planta, mostraram que a capacidade de produção dessas plantas foi inferior. No entanto, ao analisarmos a massa seca da parte aérea, vemos que não houve diferença entre as plantas. A produção de grãos é uma característica muito complexa, controlada por muitos genes. No entanto, o metabolismo de N e C está intimamente relacionado com a produção de grãos. Wang et al., (2013) superexpressaram o Dof de *Arabidopsis* em Tabaco e verificaram aumento na atividade de enzimas do metabolismo de N e C, nos teores de proteínas solúveis e nos teores de açúcares (glicose e sacarose) nas plantas superexpressantes, o que se refletiu em aumento na eficiência de utilização de N.

## CONCLUSÕES

O nocaute gênico do gene *OsDof26* fez com que as plantas geneticamente modificadas apresentassem menor desenvolvimento e caracteres agronômicos desfavoráveis todos os tratamentos aplicados.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do solo (PPGA-CS). Aos órgãos de fomento à pesquisa: CAPES, CNPq e FAPERJ.

## REFERÊNCIAS

Alexandratos N, Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. FAO, Rome: ESA Working paper, 2012.

Food and Agriculture Organization of the United Nations statistics division – Faostat (2016).

Ferreira DF. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. Ciência e agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

Good AG, Shrawat AK, Muench DG. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in plant science, v. 9, n. 12, p. 597-605, 2004.

Koch K. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. Current opinion in plant biology, v. 7, n. 3, p. 235-246, 2004.

Moll RH, Kamprath EJ, Jackson WA. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization 1. Agronomy journal, v. 74, n. 3, p. 562-564, 1982.

Santos LA, Souza SR, Fernandes MS. OsDof25 expression alters carbon and nitrogen metabo-

lism in Arabidopsis under high N-supply. Plant biotechnology reports, v. 6, n. 4, p. 327-337, 2012.

Stitt M. Nitrate regulation of metabolism and growth. Current opinion in plant biology, v. 2, n. 3, p. 178-186, 1999.

Toki S, Hara N, Ono K, Onodera H, Tagiri A, Oka S, Tanaka H. Early infection of scutellum tissue with Agrobacterium allows high-speed transformation of rice. The Plant Journal, v. 47, n. 6, p. 969-976, 2006.

Wang Y, Fu B, Pan L, Chen L, Fu X, Li K. Overexpression of Arabidopsis Dof1, GS1 and GS2 enhanced nitrogen assimilation in transgenic tobacco grown under low-nitrogen conditions. Plant Molecular Biology Reporter, v. 31, n. 4, p. 886-900, 2013.

Zhang Y, Verhoeff NI, Chen Z, Chen S, Wang, Mei, Zhen Zhu & Ouwerkerk PBF. Functions of OsDof25 in regulation of OsC4PPDK. Plant molecular biology, v. 89, n. 3, p. 229-242, 2015.

**Tabela 1.** Massa fresca e Relação Raiz/Parte aérea de plantas de arroz mutantes para o gene *OsDof26* comparadas ao Tipo Selvagem (WT) cultivadas com 2,0 mM de $NO_3^-$.

| Planta | Massa total | Raiz | Bainha | Folha | Rel. Raiz/P.A. |
|---|---|---|---|---|---|
| **WT** | 28,6±0,73 A | 13,1±0,37A | 9,5±0,29 A | 6,5±0,16 A | 0,8±0,03B |
| **16A** | 16,5±0,44 C | 7,2±0,25C | 5,9±0,11 C | 3,4±0,07 C | 0,8±0,02 B |
| **40A** | 22,6±0,56 B | 9,8±0,34B | 7,9±0,18 B | 4,9±0,13 B | 0,7±0,01 B |
| **60A** | 17,4±0,87 C | 8,5±0,47B | 4,9±0,23 C | 3,5±0,13 C | 0,9±0,02 A |
| **CV%** | 6.30 | 7.59 | 6.00 | 5.60 | 5.22 |

**Tabela 2.** Massa fresca e Relação Raiz/Parte aérea de plantas de arroz mutantes para o gene *OsDof26* comparadas ao Tipo Selvagem (WT) cultivadas com 2,0 mM de $NH_4^+$.

| Planta | Massa total | Raiz | Bainha | Folha | Rel. Raiz/P.A. |
|---|---|---|---|---|---|
| **WT** | 24,2±0,79 A | 9,5±0,34 A | 7,8±0,28 A | 5,9±0,17 A | 0,6±0,02 B |
| **16A** | 15,1±0,46 C | 5,7±0,13 C | 5,4±0,25 C | 3,4±0,08 C | 0,6±0,02 B |
| **40A** | 18,4±0,45 B | 7,6±0,24 B | 7,0±0,15 B | 4,6±0,08 B | 0,6±0,01 B |
| **60A** | 15,0±0,51 C | 6,8±0,29 B | 5,4±0,13 C | 3,2±0,13 C | 0,7±0,02 A |
| **CV%** | 6.25 | 7.08 | 6.71 | 5.67 | 4.49 |

**Tabela 3.** Dados de produção agronômica de linhagens de arroz mutantes para o gene *OsDof26* em comparação ao tipo selvagem cv. *Nipponbare* em experimento inteiramente casualizado. Letras refletem o teste de médias Scott-Knott de 4 repetições a 5%.

| Caractere | WT | 16A | 40A | 60A |
|---|---|---|---|---|
| **Grãos cheios** | 918,75±48,60 A | 715,50±2,66 B | 841,00± A | 858,00±75,21 A |
| **Grãos vazios** | 95,00±9,04 A | 311,75±43,31 C | 162,00± B | 280,50±21,28 B |
| **Esterilidade da espigueta** | 9,37% A | 30,35% C | 16,15 B | 24,64% C |
| **Peso de mil grãos** | 26,39 A | 24,91 A | 25,79 A | 21,16 A |
| **Eficiência de Utilização de N** | 89,89±5,24 A | 64,48±1,75 B | 67,77± B | 64,96±6,48 B |
| **Altura de Planta** | 83,05±0,88 A | 69,88±2,27 B | 67,69± B | 67,50±1,66 B |
| **Massa seca** | 16,61±1,06 A | 15,74±0,31 A | 15,34± A | 14,79±0,62 A |
| **Perfilhamento** | 23±1,94 A | 22±1,47 A | 22± A | 20±1,93 A |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Produtividade da Beterraba a Doses de Fósforo em Latossolo com Alto Teor do Nutriente

Luiz Paulo Galitzki Prado[1]; María José Yáñez Medelo[2]; Julia Karoline Rodrigues das Mercês[2]; Danilo dos Reis Cardoso Passos[2]; Breno de Jesus Pereira[2]; Paulo Henrique Soares Silva[2]; Isaías dos Santos Reis[2]; Fabrícia Paula da Silva[1]; Arthur Bernardes Cecílio Filho[3]

[1]Graduando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-São Paulo, 14884-900, luizpaulogp.05@gmail.com, fabricia.paulasilva@hotmail.com. [2]Pós-Graduando em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-São Paulo, 14884-900, mariajoseym2@gmail.com, juliakaroline.j@hotmail.com, drcpassos@gmail.com, brenojp93@gmail.com, phsoares18@yahoo.com.br, isaias.agro@hotmail.com. [3]Professor da Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Jaboticabal-São Paulo, 14884-900, arthur.cecilio@unesp.br.

## INTRODUÇÃO

A cultura da beterraba apresenta ciclo curto, sistema radicular pouco profundo e alta demanda por nutrientes (TIVELLI et al., 2011). Embora seja um dos dois macronutrientes menos acumulado pela beterraba, o fósforo (P) é o nutriente aplicado em maior quantidade na cultura. Isso ocorre não só pelas funções do nutriente na planta, que são conhecidas e descritas por Hawkesford et al. (2012), mas também devido à forte interação que tem com os colóides do solo, diminuindo a sua disponibilidade para as plantas (NUNES et al., 2011).

São poucos os estudos recentes envolvendo a nutrição mineral e adubação fosfatada na cultura da beterraba (SEDIYAMA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017), e todos eles realizados em solos com baixos teores de P no solo, muito diferente das condições, em geral, encontradas em grandes centros produtores de beterraba. A resposta das culturas agrícolas à aplicação de adubos fosfatados depende da quantidade de P disponível no solo, bem como da cultura que está sendo cultivada. Cultivos em solos deficientes em P disponível, geralmente, apresentarão boa resposta à aplicação de P; entretanto, se o teor de P no solo estiver acima de 70 mg $dm^{-3}$, dificilmente haverá resposta da planta a adubação fosfatada (NUNES et al., 2011).

Os sintomas de excesso de P não são reconhecidos diretamente, mas pode induzir a deficiência de micronutrientes como cobre, ferro, manganês e zinco. Também, pode causar redução de biomassa e, ainda, como os genes que codificam as proteínas transportadoras tem alta afinidade para a absorção de $H_2PO_4^-$, o excesso de P pode desregular está síntese (HAWKESFORD et al., 2012). Do ponto de vista ambiental, o P passa a ser considerado poluente quando está em excesso nos recursos hídricos, pois ocorre a eutrofização dos mesmos, e a consequente redução na quantidade de oxigênio dissolvido nas águas superficiais, que provavelmente causará a

morte de peixes e de outros organismos aquáticos (KLEIN; AGNE, 2012). Solos com alto teor de P são potenciais contaminantes dos mananciais em razão de processo erosivo em regiões de alta pluviometria. Portanto, a fertilização em excesso pode contribuir negativamente no ambiente.

Objetivou-se avaliar a resposta de duas cultivares de beterraba a doses de P em Latossolo com altos teores desses nutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, no período de 26/06 a 25/09 de 2017, na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Jaboticabal (21°14'05" S, 48°17'09" O e 615 metros de altitude).

O experimento foi composto por dez tratamentos conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos resultam da combinação de quatro doses de P (0, 120, 240, 360 e 480 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$) e duas cultivares de beterraba ('Kestrel' e 'Early Wonder').

Cada parcela foi composta por seis linhas; cada linha tinha 10 covas com duas plantas, o que proporcionou 496.000 plantas por hectare, considerando-se 6.200 $m^2$ de canteiros em 1 hectare. A bordadura correspondeu às plantas que ficaram situadas na primeira e última linha de cada unidade experimental e a primeira e última planta de cada linha.

O solo da área experimental foi coletado na camada de 0–20 cm de profundidade e apresentaram os seguintes. As análises químicas foram realizadas de acordo com Raij et al. (2001) e observado pH de 6,0; 25 g $dm^{-3}$ de matéria orgânica, 3,3; 26; 16; 1 e 66,7 $mmol_c$ $dm^{-3}$ de K, Ca, Mg, Al e CTC, respectivamente, 88 e 10 mg $dm^{-3}$ de P e S, respectivamente. O teor de P no solo é considerado alto por Trani et al. (1997). Os teores de argila, areia e silte do solo corresponderam a 615, 253 e 132 g $kg^{-1}$, respectivamente.

Três meses antes do plantio foi realizada calagem para elevar a saturação por bases a 80%, conforme recomendação de Trani et al. (1997).

As mudas foram produzidas em bandejas de polipropileno de 200 células e preenchidas com substrato comercial *Bioplant*, sem adubação adicional. Foi realizado o desbaste deixando duas plantas por célula e, aos 30 dias após a semeadura, quando as mudas apresentaram quatro folhas, foram transplantadas para o campo. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre linhas e 0,10 m entre plantas na linha.

Para a adubação de plantio aplicou-se 20 kg $ha^{1}$ de N (ureia) e 60 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ (cloreto de potássio) a lanço. Através de pulverização no solo foi aplicado 2 kg $ha^{-1}$ de B (ácido bórico) e 3 kg $ha^{1}$ de Zn (sulfato de zinco) antes do plantio (Trani et al., 1997). As doses de P, previstas nos tratamentos, foram aplicadas totalmente no plantio, utilizando superfosfato triplo como fonte de P (41% de $P_2O_5$ e 7 a 12% de Ca). Em cobertura, foram aplicados 80 kg $ha^{-1}$ de N, na forma de ureia e 60 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$, na forma de cloreto de potássio, ambos parcelados em duas aplicações, aos 20 e 40 dias após o transplante.

A colheita das plantas em todos os tratamentos foi realizada quando as raízes tuberosas apresentavam tamanho comercial adequado (6 a 8 cm de diâmetro transversal), o que aconteceu para todas as parcelas, em 25 de setembro de 2017, perfazendo-se 91 dias do transplante até a colheita.

i) Produtividade: Foi calculada considerando-se todas as raízes tuberosas produzidas na área útil da unidade experimental. A quantidade obtida em kg $m^{-2}$ foi estimada para kg $ha^{-1}$, considerando-se 6.250 $m^2$ a área efetivamente cultivada em canteiro em 1 hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($\alpha \leq 5\%$). As culti-

vares foram comparadas pelo teste F e foi realizado estudo de regressão para doses de P. Foram escolhidas as equações significativas de maior ordem e coeficiente de determinação. Utilizou-se o programa estatístico *AgroEstat* (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação dos fatores e nem efeito isolado de cultivar e dose de P na produtividade (Tabela 1). Não houve ajuste de equação polinomial para as médias de produtividade em função das doses de P. A média da produtividade correspondeu a 31,86 t $ha^{-1}$, a qual encontra-se dentro da faixa adequada para a cultura, que é de 30 a 50 t $ha^{-1}$ (TIVELLI et al., 2011).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para produtividade, em função de cultivar e dose de fósforo.

| Causas da Variação | Valores de F<br>Produtividade |
|---|---|
| Cultivar (C) | 1,90$^{ns1}$ |
| Dose de P (P) | 0,23$^{ns}$ |
| C x P | 0,23$^{ns}$ |
| CV (%) | 16,52 |
| **Cultivar** | **Médias da produtividade kg $ha^{-1}$** |
| 'Early Wonder' | 33.011,9 a |
| 'Kestrel' | 30.717,4 a |
| DMS | 3.416,4 |
| **$P_2O_5$ (kg $ha^{-1}$)** | **Médias da produtividade kg $ha^{-1}$** |
| 0 | 30.298,6 |
| 120 | 32.034,6 |
| 240 | 32.123,7 |
| 360 | 32.488,0 |
| 480 | 32.378,2 |
| DMS | 7.689,1 |

1 Teste F, * p <0,05; ** p ≤ 0,01; ns não ignificativo; CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa

A diferença da média da produtividade no tratamento controle e no tratamento com a dose máxima de P foi de apenas 2,08 t $ha^{-1}$ de raízes de beterraba. A ausência de resposta da planta a adubação fosfatada, mesmo com doses elevadas, está relacionada com o alto teor de P (88 mg $dm^{-3}$) no solo. De acordo com Trani et al. (2018), o teor encontrado nesse solo é considerado alto e a adubação recomendada é de 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$.

Tendo em vista que a beterraba não respondeu em produtividade ao fornecimento de P, na Tabela 2 são observadas as quantidades médias acumuladas na parte aérea, na raiz e total pela planta e por hectare.

**Tabela 2.** Acúmulos médios de N, P, K e B na parte aérea, raiz tuberosa e total pela cultura da beterraba.

| | N | P | K | B |
|---|---|---|---|---|
| | mg por planta | | | |
| Parte aérea | 122,5 | 33,1 | 471,8 | 0,14 |
| Raiz tuberosa | 210,4 | 39,7 | 210,3 | 1,00 |
| Total | 332,9 | 72,8 | 681,1 | 1,14 |

Do total dos nutrientes acumulados, a raiz participou com 63% de N, 55% de P, 31% de K e 88% de B, o que corresponde a 105, 21, 110 e 0,5 kg $ha^{-1}$ de N, P, K e B, respectivamente. Os nutrientes N, P e B, acumulam-se preferencialmente nas raízes, enquanto K na parte vegetativa.

Considerando-se que a adição da adubação fosfatada no solo não promove incremento de produtividade na cultura da beterraba onde existe elevado teor de P no solo, uma alternativa é pensar na fertilização para a manutenção do teor de P no solo. Para tanto, utiliza-se a exportação do nutriente na raiz tuberosa. Neste sentido, para a produtividade média de 31,86 t $ha^{-1}$, a quantidade de P exportada foi de 39,7 kg $ha^{-1}$ de P (Tabela 2), o que causou a redução de 15,9 mg $dm^{-3}$ de P no solo, considerando a profundidade de 20 cm de camada do solo. Essa redução não

alterou a condição de alto teor do nutriente no meio, que segundo Trani et al. (2018) é maior que 60 mg $dm^{-3}$.

Diante dos resultados, não se recomenda a fertilização fosfatada quando o Latossolo tiver teor alto de P e nem a fertilização de manutenção quando deduzido 15,9 mg $dm^{-3}$ de P referente à exportação de P pela raiz tuberosa, o teor de P no solo, manter-se alto.

## CONCLUSÕES

Em Latossolo com teor alto de fósforo disponível, não se recomenda fertilizar a cultura da beterraba com fósforo, pois não se verifica aumento de produtividade.

Em Latossolo com alto teor do nutriente, 'Early Wonder' e 'Kestrel' não respondem diferentemente à adubação fosfatada.

## REFERÊNCIAS

Barbosa JC, Maldonado Júnior W. Experimentação agronômica e AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015. 396p.

Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Møller IS, White P. Functions of macronutrients: phosphorus. In: Marschner H (3ed.) Mineral Nutrition of Higher Plants. Amsterdam: Academic Press. 2012. p. 178-189.

Klein C, Agne SAA. Fósforo: de nutriente à poluente!. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 2012. 8:1713-1721.

Nunes RS, Sousa DMG, Goedert WJ, Vivaldi LJ. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2011. 35:877-888.

Oliveira RJP, Gatiboni LC, Valicheski RR, Miquelluti DJ, Brunetto G. Calibração da adubação fosfatada e potássica para beterraba na região do Vale do Itajaí. Horticultura Brasileira. 2016. 34:210-215.

Raij B, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JÁ. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico. 2001. 285 p.

Sediyama MAN, Santos MR, Vidigal SM, Salgado LT. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2011. 15:883-889.

Silva AO, Silva ÊFFE, Klar AE. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. Bragantia. 2017. 76:125134.

Tivelli SW, Factor TL, Teramoto JRS, Fabri EG, Moraes ARA, Trani PE, May A. Beterraba: do plantio à comercialização. Campinas: Intituto agronômico. 2011. 45 p.

Trani PE, Raij B van. Hortaliças. In: RAIJ, B van, Cantarella H, Ouaggio JÁ, Furlani AMC. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Produtividade e Atributos Químicos do Solo com Uso de Gesso Agrícola Associado às Doses de Calcário em Plantio Direto

Renan Costa Beber Vieira[1]; Leandro Sebastiany Marschall [2]

[1] Professor Adjunto, Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo. Rua Jacob Reinaldo Haupenthal, 1580, Cerro Largo/RS, 97900-000. E-mail: renan.vieira@uffs.edu.br; [2] Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo.

## INTRODUÇÃO

Os solos tropicais geralmente apresentam baixa fertilidade natural, com expressiva acidez do solo e saturação por alumínio, necessitando frequentemente da aplicação de corretivos e fertilizantes ao solo (CQFS–RS/SC, 2004).

O manejo da fertilidade do solo e dos seus atributos de acidez para culturas de grãos tradicionalmente é abordado em conformidade com os atributos químicos das camadas superficiais, sobretudo quando em sistema plantio direto (PD). Neste sistema de manejo há uma estratificação gradual no teor dos nutrientes e nos índices de acidez do solo em profundidade, que se intensifica com o tempo de cultivo neste sistema de manejo conservacionista (OLIVEIRA; PAVAN, 1996).

A avaliação da fertilidade restrita à camada superficial desconsidera o potencial das camadas subsuperficiais na nutrição das plantas, as quais tem papel fundamental no suprimento de nutrientes, em especial sob condições de estresse hídrico. Assim, é importante ter bons níveis de fertilidade em subsuperfície, pois as raízes presentes nessas camadas em diversos momentos são amplamente responsáveis pelo suprimento de água e minimização das quebras na produtividade das culturas, comumente decorrentes na região das Missões, RS.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de culturas e os atributos químicos de um Latossolo com o uso superficial de gesso agrícola associado à diferentes doses de calcário em sistema plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), no município de Cerro Largo (28º08'49" S e 54º44'17" O), região das Missões, noroeste do Rio Grande do Sul, em um Latossolo Vermelho (EMBRAPA 2006).

O experimento foi instalado em novembro de 2016, em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos (parcelas principais de 6 x 8 m) consistiram da aplicação de corretivos e condicionantes embasados no manual de adubação e calagem para o RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016) da seguinte forma: (i) testemunha, sem calcário e sem gesso; (ii) recomendação atual de calcário de ¼ SMP para pH 6,0 em superfície; (iii) aplicação de calcário para 1 SMP pH 6,0 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso em superfície; (iv) aplicação de cal-

cário para 1 SMP pH 6,5 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso em superfície; (v) aplicação de 3 t $ha^{-1}$ de gesso em superfície; (vi) recomendação de calcário de alta solubilidade (300 kg $ha^{-1}$).

O experimento foi conduzido em sistema plantio direto com rotação de culturas, objetivando produção de grãos e alto aporte de resíduos orgânicos. Dessa forma, desde a implantação em novembro de 2016 foi cultivada a sucessão de culturas com soja (2016/17), aveia preta + ervilhaca (2017), milho (2017/18), aveia preta + centeio + ervilhaca + nabo forrageiro (2018) e milho (2018/19), inverno de 2019 (aveia + ervilhaca), e no verão 2019/20 foi cultivado milho.

Anteriormente à implantação do experimento, o solo apresentava na camada de 0-10 cm os seguintes atributos químicos: pH-$H_2O$ 5,5, SMP 5,8, P-disponível 13,9 mg $dm^{-3}$ e K-trocável 423 mg $dm^{-3}$ (Mehlich-1) e na camada de 10-20 cm: pH-$H_2O$ 5,5, SMP 5,8, P-disponível 2,5 mg $dm^{-3}$ e K-trocável 207 mg $dm^{-3}$. Nas camadas adjacentes, o pH do solo foi de 5,4 (20-40 cm) e 5,3 (40-60 e 60-80 cm).

As avaliações químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do solo da UFFS em Cerro Largo-RS, utilizando amostras de solo previamente coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, em abril de 2018. Foi determinado o pH, SMP e os teores de Al, P, K, Ca e Mg conforme a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

As avaliações de produtividade foram realizadas a partir da colheita de uma área de 8 $m^2$ na cultura da soja e de 6 $m^2$ na cultura do milho. Os resultados foram expressos com 13% de umidade.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, por meio de análise da variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de corretivos e condicionantes modificaram os atributos químicos do solo apenas na camada de 0-5 cm, em alguns tratamentos, para os teores de pH, Ca, Mg e saturação por bases (Figura 1). Os tratamentos com calcário a 1 SMP pH 6,0 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso e 1 SMP pH 6,5 + 3 t ha1 de gesso aumentaram o pH do solo para 6,13 e 6,35 em 2018, sendo superiores aos demais tratamentos. A correção da acidez do solo com estes tratamentos na camada de 0-5 cm foi corroborada pela redução na acidez potencial (H+Al) nesta camada.

Nos teores de cálcio trocável observou-se incremento na camada de 0-5 cm de profundidade com a aplicação de calcário a 1 SMP pH 6,0 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso e 1 SMP pH 6,5 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso, refletindo as maiores quantidades de Ca adicionadas. As maiores doses de calcário juntamente com o gesso nestes tratamentos aumentaram o teor de Ca na camada de 0-5 cm de 7,6 $cmol_c$ $dm^{-3}$ (2016) para 14,3 e 13,0 $cmol_c$ $dm^{-3}$ (2018), respectivamente. Entretanto, não foi observado incremento de Ca em nenhuma camada de solo nos tratamentos com a aplicação da menor dose de calcário (¼ SMP para pH 6,0), da dose de 3 t $ha^{-1}$ de gesso e do calcário de alta reatividade (Figura 1).

Os três tratamentos com adição de calcário aumentaram o teor de Mg na camada de 0-5 cm. Nas demais camadas, não houve diferença entre os tratamentos. Cabe destacar que no tratamento com 3 t $ha^{-1}$ de gesso, o teor de Mg nesta camada reduziu de 1,7 para 0,3 $cmol_c$ $dm^{-3}$ após dois anos e meio de condução do experimento.

A saturação por bases resultou em diferença significativa na camada de 0-5 cm do solo, expressando os maiores valores de V% nos tratamentos com calcário 1 SMP pH 6,0 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso 1 SMP pH 6,5 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso, não diferindo entre si, porém com diferença significati-

va entre os demais tratamentos. A saturação por bases nos dois tratamentos evoluiu de 65,7% no solo inicial de 2016 na camada de 0-5 cm, para 87,0 e 87,3% em 2018, respectivamente. Esse resultado tem relação direta com as concentrações maiores de Ca e Mg no solo, e teores menores de H+Al nos tratamentos descritos anteriormente, aumentando assim os valores da soma de bases. Apesar do aumento da saturação por bases com as calagens e gesso, não foram encontradas alterações entre os tratamentos, para os valores de saturação por alumínio em nenhuma das camadas amostradas.

A produtividade das culturas de soja e milho não foi alterada com os diferentes tratamentos de corretivos e condicionantes (**Tabela 1**). Contudo, o somatório de produtividade das quatro safras avaliadas ao longo do experimento demonstrou um incremento em relação à testemunha de 3.700 kg $ha^{-1}$ de grãos com a aplicação de calcário a 1 SMP pH 6,5 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso.

## CONCLUSÕES

A aplicação superficial de calcário na dose de 1 SMP pH 6,0 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso e 1 SMP pH 6,5 + 3 t $ha^{-1}$ de gesso alteram os atributos de pH, Ca, Mg, V% e H+Al apenas na camada superficial de 0-5 cm de profundidade, após o decorrer de 2,5 anos da aplicação.

A adição de 3 t $ha^{-1}$ gesso associado ao calcário não aumenta os teores de Ca em profundidade nas condições do estudo.

A produtividade de soja e milho não é alterada com as doses de calcário e gesso aplicadas superficialmente ao solo avaliado.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à FAPERGS e ao PRO-ICT da UFFS pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 306p.

OLIVEIRA, E. L. & PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. Soil Till. Res., 38:47-57, 1996

TEDESCO M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

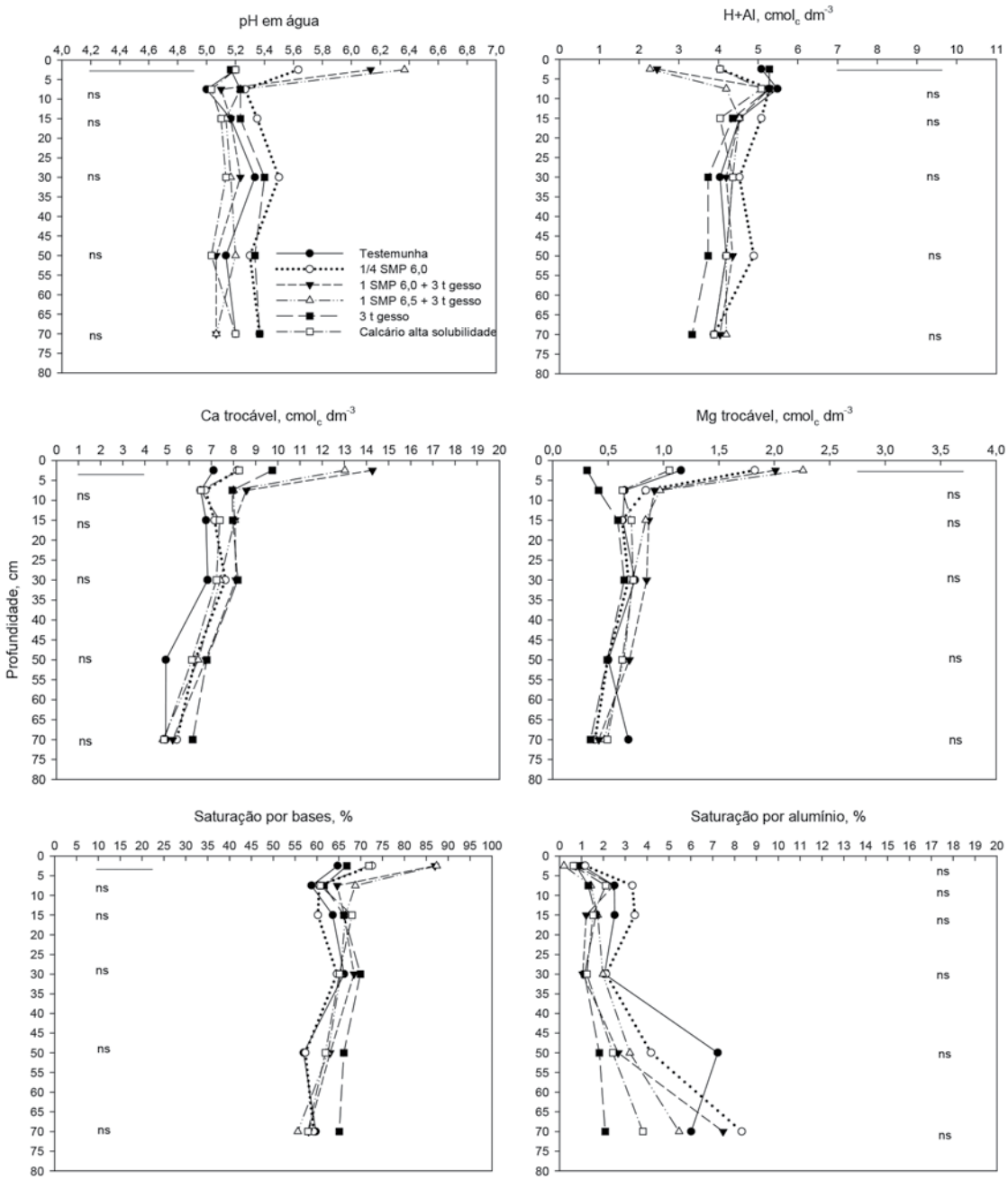



Figura 1. Atributos químicos do solo em diferentes profundidades submetido à calagem e gesso. As barras indicam a diferença mínima significativa para o teste de Tukey a 5%.

Tabela 1. Produtividade de grãos de soja e milho ao longo de 4 anos de condução do experimento.

| Tratamento | Soja 16/17 | Milho 17/18 | Milho 18/19 | Milho 19/20 | Soma das safras |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | kg ha$^{-1}$ | | |
| Testemunha | 3048 | 11731 | 5558 | 6070 | 26407 |
| 1/4 SMP 6,0 | 3782 | 11131 | 7391 | 6836 | 29140 |
| 1 SMP 6,0 + 3 t ha$^{-1}$ de gesso | 3240 | 12230 | 7353 | 6266 | 29088 |
| 1 SMP 6,5 + 3 t ha$^{-1}$ de gesso | 3336 | 12135 | 8251 | 6385 | 30107 |
| 3 t ha$^{-1}$ de gesso | 3380 | 11732 | 6970 | 6240 | 28323 |
| Calcário de alta solubilidade | 3685 | 12088 | 6995 | 6055 | 28823 |
| C.V (%) | 13,02 | 6,31 | 16,86 | 10,57 | |
| F | 1,15$^{ns}$ | 0,89$^{ns}$ | 1,63$^{ns}$ | 0,55$^{ns}$ | |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Proposição de níveis críticos de nutrientes através da metodologia CND em folhas de pessegueiros

Gustavo Brunetto[1]; Débora Leitzke Betemps[2]; Betania Vahl de Paula[3]; Leon Etiene Parent[4]; George Wellington B. Melo[5]; Newton A. Mayer[6]

[1] Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, Av. Roraima n.1000, Bairro Camobi, Santa Maria , RS, E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com ; [2] Professora, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, RS; [3] Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo (UFSM); [4] Professor Visitante do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo (UFSM); [5] Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS; [6] Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado

## INTRODUÇÃO

Nos Estados da região Sul do Brasil são produzidos 72% dos pêssegos do país (AGRIANUAL, 2018). O Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor nacional da fruta, seguido por São Paulo (SP), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR). Entretanto, a produção média de pêssegos nos pomares brasileiros é considerada baixa (14,5 Mg $ha^{-1}$) (FAOSTAT, 2019), comparativamente, as obtidas em pomares americanos e europeus. Isso pode ser atribuído, em parte, a dificuldade em estimar valores e critérios técnicos adequados para estimar o estado nutricional das plantas, como níveis críticos (NC) ou faixas de suficiência (FS) de nutrientes. Isso pode ajudar na definição da real necessidade da aplicação de nutrientes em pomares de pessegueiros, contribuído para o uso racional dos fertilizantes, aumento de produtividade e melhoria da qualidade de frutos.

O Diagnóstico da Composição Nutricional (CND) também permite a estimativa de NC e FS de nutrientes. O conceito CND expressa a composição mineral dos tecidos vegetais na forma de teores de nutrientes ou valores relativos, que é a informação numérica básica para estabelecer o diagnóstico do estado nutricional das plantas. O método emprega a análise composicional e a análise de componentes principais dos dados, tendo, pois, potencial mais elevado para melhorar a sensibilidade do diagnóstico nutricional da cultura. O CND vem sendo utilizado para avaliação do estado nutricional em várias culturas comerciais, em diferentes regiões do país (POLITI et al., 2013; DIAS et al., 2013; PARTELLI et al., 2014). Acredita-se que o CND possa ser usado com maior sucesso em frutíferas, pois são plantas que possuem grande sistema radicular, comparativamente, às culturas anuais; acumulam nutrientes em órgãos de reservas, que podem ser redistribuídos ( BRUNETTO et al., 2016) e, por tudo isso, além de outros fatores, o diagnóstico de valores de critérios de referência em folhas, pode ser adequado para estimar o estado nutricional das frutíferas. O estudo objetivou estabelecer os NC e FS de nutrientes em folhas de pessegueiro, através do CND.

## MATERIAL E MÉTODOS

A sistematização de um banco de dados robusto foi realizada com produtores e pesquisa-

dores da área persícola, nas principais regiões produtores do RS. Os pomares foram instalados nos municípios de Pelotas, Bento Gonçalves e Porto Alegre. Os pomares foram compostos por árvores adultas e em plena produção, representados por onze cultivares de *Prunus persica*. Os dados foram obtidos nas safras 2009 até 2014. O banco de dados foi composto por 420 amostras, compostas por teores de nutrientes e produção de frutos.

Folhas completas (limbo + pecíolo) foram coletadas na parte média dos ramos do ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13ª e a 15ª semanas após a plena floração. As folhas foram secas, moídas e submetidas a digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). Em seguida, foram determinados os valores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), Zinco (Zn), manganês (Mn) e Ferro (Fe). Todos os frutos por plantas foram coletados e pesados. Em seguida, estimou-se a produtividade.

Os dados foram checados quanto a sua coerência e as unidades foram padronizadas. A análise dos dados constou na transformação isométrica da razão logarítmica, base dos conceitos do CND, de acordo com a metodologia descrita por Parent e colaboradores (2020). A análise de aprendizado de máquina (ML- Machine learning) foi executada usando o software livre Orange 3.24 na separação das categorias (alta/baixa produção), utilizando um ponto de corte de 16 Mg $ha^{-1}$. A análise exploratória foi realizada utilizando o algoritmo de classificação e o visualizador. O Random Forest (RF) foi selecionado como modelo de classificação de ML. O conjunto de dados da pesquisa foi dividido em conjuntos de treinamento (70%) e teste (30%), para testar a precisão e em todo o conjunto de dados por validação cruzada para selecionar um subconjunto de amostras balanceadas. As métricas de precisão foram precisão (proporção de instâncias previstas como verdadeiro negativo ou verdadeiro positivo) e área sob curva (AUC) (PARENT et al., 2013). Uma precisão mínima foi estabelecida do modelo de 80% (PARENT et al., 2019) e AUC de 70-90% (DELACOUR et al., 2005) no teste. A significância da partição na matriz de confusão para o conjunto de dados de teste foi avaliada como um teste de homogeneidade $\chi$ ^ 2 com correção de Yates. A previsão de classificação e a análise de risco para amostras independentes foram fornecidas pelo módulo de previsão da Orange 3.24, usando os mesmos recursos do conjunto de treinamento. As estatísticas descritivas foram computadas no Excel Microsoft 365 e os resultados apresentados em formatos de tabelas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área sob a curva (AUC) do modelo de Random Forest variou entre 0,834 e 0,844 no teste e 0,894-0,901 na validação cruzada (Tabela 1). A faixa de 0,7-0,9 é considerada aceitável por Delacour et al. (2005), para fins de diagnóstico. A precisão da classificação foi próxima de 80%, conforme alcançado pela maioria das culturas de frutas (PARENT et al., 2019).

**Tabela 1.** Comparação entre os valores para composições de nutrientes (dados brutos e modificados) em folhas de pessegueiros usando o modelo de floresta aleatório.

| | Teste (30% dos dados) | | Validação (100% dos dados) | |
|---|---|---|---|---|
| | Área sob a curva | Acurácia | Área sob a curva | Acurácia |
| Dados brutos | 0,844 | 0,801 | 0,894 | 0,826 |
| Razão log centrado | 0,834 | 0,794 | 0,901 | 0,835 |
| Razão de log isométrico | 0,844 | 0,794 | 0,901 | 0,836 |

Fonte: Os autores

A matriz de confusão mostrou 142 amostras verdadeiros negativos (pessegueiros com alta produtividade e bem equilibradas nutricionalmente), produzindo mais de 16 Mg ha$^{1}$; fornecendo uma diversidade de combinações de fatores, levando ao alto desempenho de pomares de pêssego. Havia 254 verdadeiros positivos (baixa produtividade e niutricionalmente desequilibrado), 39 falsos negativos (baixa produtividade e bem equilibrados, indicando que outros fatores limitadores da produtividade além de nutrientes) e 37 falsos positivos (alta produtividade, desequilibrados provavelmente devido ao consumo de luxo de nutrientes). A partição foi significativa em p = 0,01, de acordo com o teste de homogeneidade $\chi$ ^ 2 com a correção de Yates.

Através dos valores das amostras verdadeiros negativos foram calculados os índices do CND no qual foi possível estipular valores de NC e FS para os nutrientes avaliados (Tabela 02). Nós destacamos que os valores nas FS de nutrientes em folhas, proposto pelo CND são mais estreitos, que os valores propostos pela CQFS-RS/SC (2016), concordando com observações de Paula et al. (2020). Além disso, foi possível definir os NC de nutrientes em folhas de pessegueiros. Com isso, as tomadas de decisão sobre a necessidade ou não de aplicação poderão ser mais acertivas pelos técnicos e produtores.

Tabela 2. Níveis críticos (NC) e intervalo de confiança da faixa de suficiência (FS) do CND para nutrientes em folhas de pessegueiros no Rio Grande do Sul.

| Nutrientes | Amostras verdadeiros negativos | | |
|---|---|---|---|
| | NC (CND) | Faixa suficiência (CND) | CQFS-RS/SC (2016) |
| | g kg$^{-1}$ | | |
| N | 24,39 | 16,5 - 39 | 33 - 45 |
| P | 2,35 | 1,2 - 3,4 | 1,5 - 3,0 |
| K | 16,39 | 11,5 - 35 | 14 - 20 |
| Mg | 4,55 | 2,1 - 8,3 | 5,0 - 8,0 |
| Ca | 23,59 | 11,2 - 35 | 17 - 26 |
| | mg kg $^{-1}$ | | |
| Cu | 2,0 | 2-18 | 6 - 30 |
| Fe | 53,0 | 53-148 | 100 - 230 |
| Zn | 4,0 | 4,0 - 84 | 24-37 |
| Mn | 38,0 | 38- 422 | 30-160 |
| B | - | - | - |

Fonte: Os autores

## CONCLUSÕES

O CND permitiu a estimativa de níveis NC de nutrientes em folhas de pessegueiros cultivados no RS. Além disso, FS de nutrientes em folhas propostas pelo CND foram mais estreitas, em relação as apresentadas em outros recomendações.

**AGRADECIMENTOS**: Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), FAPERGS (Fundação de Amparo a Pesquisa no Rio Grande do Sul) e Conselho de Pesquisa de Engenharia do Canadá (NSERC-2254), pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira: FNP. Pêssego. FNP Consultoria & Comércio; São Paulo, Brazil, 2018

BRUNETTO, G.; ROZANE, D. E.; MELO, G.W.B.D.; ZALAMENA, J.; GIROTTO, E.; LOURENZI, C.; COUTO, R.R.; TIECHER, T.; KAMINSKI, J. Manejo da fertilidade de solos em pomares de frutíferas de clima temperado (capítulo); **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água** (recurso eletrônico)/Org. Tales Tiecher – Porto Alegre: UFRGS-2016.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo,RS/SC- Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Eds. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo—Núcleo Regional Sul): , Silva, L.S., Gatiboni, L.C., Anghinoni, I., Sousa, R.O., Emani, P.R., Santa Maria, Brazil, 2016; pp. 189-233.

DELACOUR, H.; SERVONNET, A.; PERROT, A.; VIGEZZI, J.F.; RAMIREZ, J.M. La courbe ROC (receiver operating characteristic): Principes et principales applications en biologie clinique. **Ann. Biol. Clin**. 2005, 63, 145-154.

DIAS, J. R. M.; TUCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; PARTELLI, F. L.; PEREZ, D. V.; ESPINDULA, M. C.; TOMIO, D. B. Antecipação do período de diagnose foliar em laranjeira 'pera' no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 757-764, 2013.

FAOSTAT. Production Quantities of Peaches and Nectarines by Country. 2019. Available online: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize (accessed on 22 June 2020).

FREIRE, C.J. da; MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: RASEIRA, M. do C.B.; PEREIRA, J.F.M.; CARVALHO, F.L.C. **Pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 259-281.

PARENT, S.É. Why We Should Use Balances and Machine Learning to Diagnose Ionomes. Authorea, January 20, 2020.

PARENT, S.É.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant Ionome Diagnosis Using Sound Balances: Case Study with Mango (Mangifera Indica). **Front. Plant Sci**. 2013.

PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; DEUS, J.A.L.; NATALE, W. Composition in Fruit Crops: Latest Developments. In Fruit Crops. Diagnosis and Management of Nutrient Constraints; Srivastava, A., Hue, C., Eds.; Chapter 12; Elsevier: New York, NY, USA, 2019.

PARTELLI, F. L.; DIAS, J. F. M.; VIEIRA, H. D.; WADT, P. G. S.; JUNIOR, E. P. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p. 858-866, 2014.

PAULA, B.V.D.; NAVA, G.; ROZANE, D.E.; BARRETO, C.F.; BENATI, J. A.; BETEMPS, D.L.; MELO, G.W.B.D.; BRUNETTO,G. Calagem, adubação e estado nutricional em pessegueiro – **Atualização sobre Calagem e Adubação em Frutíferas**, Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do solo /org.Gustavo Brunetto e outros, Porto Alegre, 278p. 2020, ISBN;978-65990472-6-8

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S. da; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. da C.; PRADO, R. de M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 11-18, 2013.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Resposta de variedades de cana-de-açúcar à adubação fosfatada e a inoculação de *Azospirillum brasilense*

Laura Martins Ferreira[1]; Gabriela Moura Serafim[1]; Vitória Carolina Dantas Alves[1]; Fábio Steiner[3]

[1] Estudante do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rodovia MS 306, km 6,4, Cassilândia-MS, CEP 79.540-000, E-mail: lauramartinsferreira45@gmail.com; [2] Professor do Curso de Graduação e PósGraduação em Agronomia, UEMS/Cassilândia. E-mail: steiner@uem.br

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais culturas do Brasil, especialmente devido ao seu uso na produção de biocombustível e de outros produtos, como o açúcar e bioenergia. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com uma produção de 635 milhões de toneladas na safra de 2019 (CONAB, 2019).

A maioria dos solos agrícolas da região do Cerrado possuem grandes reservas de fósforo (400 a 1200 mg $kg^{-1}$ de P), mas apenas porção mínima, em torno de 1%, está disponível para às plantas, o que tem sido um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento de muitas culturas agrícolas. Portanto, para o adequado desenvolvimento das plantas e a obtenção de altas produtividades agrícolas tem sido realizada a aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados ao solo, o que tem elevado os custos da produção agrícola (ROY et al., 2016). Além disso, outro fator limitante a produção agrícola é que grande parte do fertilizante fosfatado aplicado ao solo nas regiões tropicais, fica retido no solo, formando a fração de P não-disponível do solo (SOUSA; LOBATO, 2004).

Está reduzida eficiência de uso dos fertilizantes fosfatados é um dos grandes desafios para o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis, cujo princípio se fundamenta em menor utilização de fontes naturais não renováveis, especialmente na promoção de melhor reaproveitamento do P presente no solo (WITHERS et al., 2018). O reaproveitamento da fração não disponível de P no solo (P não lábil) vem sendo amplamente discutido em nível global, com ênfase na produção agrícola brasileira para a cultura da cana-de-açúcar (OWEN et al., 2015; WITHERS et al., 2018).

Os microrganismos do solo desempenham papel fundamental nos processos de mineralização e solubilização do P. Neste contexto, algumas pesquisas têm investigado o uso de estratégias de manejo do solo por meio de processos microbiológicos para elevar os níveis de P do solo para às plantas (MENDES; REIS-JUNIOR, 2003). Portanto, uma alternativa para melhorar a eficiência do uso de P e, consequentemente, reduzir o uso de fertilizantes fosfatados na cultura na canade-açúcar consiste na utilização de bactérias solubilizadores de fosfato, capazes de promover a solubilização e aquisição de P do solo.

Dentre as bactérias solubilizadoras de fosfato destacam-se os gêneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia* e *Pseudomonas* (WYCISZKIEWICZ et al., 2016; FUKAMI et al., 2018). O gênero *Azospirillum* é um dos grupos de microorganismos mais estudados para a inoculação em gramíneas de interesse agronômico, destacando-se dentre os grupos de bactérias com capacidade de promover o crescimento de plantas (DOBBELAERE et al., 2001). O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria endofítica gram-negativas, capaz de contribuir para o maior desenvolvimento das plantas através de diversos mecanismos, tais como a fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos, síntese de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, e indução da resistência das plantas aos estresses abióticos e bióticos (FUKAMI et al., 2018). No entanto, os efeitos do uso de *A. brasilense* em potencializar a absorção de P pelas plantas de cana-de-açúcar ainda são desconhecidos.

Este estudo foi conduzido com o objetivo avaliar a eficiência da inoculação das mudas prébrotadas com *Azospirillum brasilense* e do nível da adubação fosfatada no crescimento de oito variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, em Cassilândia, MS (19º05'30" S; 51º48'50" W e altitude média de 540 m), no período de julho a dezembro de 2019.

Foram utilizados vasos plásticos de 12 L, preenchidos com 11 $dm^3$ de solo arenoso peneirado em malha de 5 mm, proveniente da camada superficial de um Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (NQo). As principais características químicas do solo foram as seguintes: pH ($CaCl_2$) = 4,6, matéria orgânica = 14 g $dm^{-3}$, P (Mehlich-1) = 7,8 mg $dm^{-3}$, K = 0,16 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Ca = 1,50 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Mg = 0,50 $cmol_c$ $dm^{-3}$, H+Al = 3,60 $cmol_c$ $dm^{-3}$, Al = 0,25 $cmol_c$ $dm^{-3}$, CTC = 5,80 $cmol_c$ $dm^{-3}$ e V = 38%.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de 1,10 g de calcário por $dm^3$ de solo (CaO: 38%; MgO: 11%; e, PRNT: 85%), visando elevar a saturação por base do solo a 70% (SOUSA; LOBATO, 2004). Após a aplicação do calcário, o solo foi homogeneizado, umedecido até alcançar 80% da capacidade de retenção de água, e incubado por 30 dias. Decorrido esse período, o solo foi fertilizado com 50 mg $dm^{-3}$ de N (ureia), 200 mg $dm^{-3}$ de K (cloreto de potássio), 15 mg $dm^{-3}$ de S (gesso agrícola), 2 mg $dm^{-3}$ de Cu (sulfato de cobre), 2 mg $dm^{-3}$ de Zn (sulfato de zinco), 1 mg $dm^{-3}$ de Mo (molibdato de amônio) e 1 mg $dm^{-3}$ de B (ácido bórico), e então, submetido ao cultivo de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2 × 2 × 8, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois tratamentos de inoculação [sem inoculação (controle) e com inoculação das mudas com *Azospirillum brasilense*], por dois níveis de adubação fosfatada [nível baixo (20 mg $dm^{-3}$ de P) e nível alto (200 mg $dm^{-3}$ de P) e por oito variedades de cana-de-açúcar (RB855156, RB867515, RB966928, RB975242, RB975952, RB985476, CV7870 e CTC9004M). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 12 L contendo uma planta, perfazendo um total de 96 vasos.

A inoculação das mudas com *Azospirillum brasilense* foi realizada com o inoculante comercial líquido AzoTotal® (Total Biotecnologia), o qual contém as estirpes $AbV_5$ e $AbV_6$ [concentração mínima de 2,0 × $10^8$ unidades formadoras de colônias (UFC) por mL], na dose de 2,5 mL

do inoculante por muda pré-brotada. O inoculante foi aplicado sobre as raízes das plantas por ocasião de transplante das mudas para os vasos, com o auxílio de uma pipeta graduada em mililitros. A adubação fosfatada foi realizada com a aplicação de superfosfato simples (18% de $P_2O_5$), e a quantidade de fertilizante aplicado foi incorporada em todo o volume de solo do vaso.

O transplantio das mudas pré-brotadas de canade-açúcar para os vasos foi realizado aos 35 dias após a brotação das mudas. As mudas pré-brotadas foram produzidas em caixas plásticas (42 × 28 × 6 cm), preenchidas com substrato comercial (Carolina Soil®). Após o transplantio, todos os tratamentos foram mantidos em condições controladas de casa de vegetação e diariamente irrigados para manter o conteúdo de água próximo à capacidade de retenção de água do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com a aplicação de 50 mg $dm^{-3}$ de N aos 40 e 60 dias após o transplantio das mudas na forma de ureia (45% de N).

Aos 120 dias após o transplantio da cana-deaçúcar, as plantas foram retiradas dos vasos, e as raízes lavadas em água corrente sobre peneiras com malha de 1,0 mm, para remoção do solo. Em seguida, foram mensuradas as seguintes características morfológicas: altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas por perfilho (NFP), número de perfilhos por planta (NP), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST). A determinação da massa de matéria seca da parte aérea e das raízes foi realizada após a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C, por 72 horas.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e a as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar® versão 5.6 para Windows.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância não reportaram efeitos significativos ($P > 0,05$) da interação tripla entre os fatores variedades de canade-açúcar, inoculação de *Azospirillum brasilense* e nível de adubação fosfatada para nenhuma das características morfológicas avaliadas. Portanto, os resultados foram apresentados de forma isolada para cada um dos fatores estudados (Tabela 1).

As variedades de cana-de-açúcar possuem diferentes respostas em relação ao seu crescimento e desenvolvimento inicial, o que pode ser atribuído as características intrínsecas de cada material genético. A altura de planta variou de 82 a 127 cm, e foi significativamente maior nas variedades RB975952, RB855156, RB966928, CV7870, seguida das variedades CTC 9004M e RB867515, ao passo que a menor altura de planta foi obtido nas variedades RB985476 e RB975242 (Tabela 1).

O número de perfilhos por planta variou de 1,5 a 4,5 perfilhos, e foi significativamente maior na variedade de cana-de-açúcar RB966928, seguida da variedade RB985476, enquanto o menor potencial de perfilhamento foi observado na variedade de cana-de-açúcar RB85-5156. O diâmetro de colmo variou de 17,2 a 21,0 mm, e foi semelhante entre todos os 8 materiais genéticos utilizados neste estudo (Tabela 1).

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar variou de 78 a 116 g/planta, e foi significativamente maior nas variedades RB855156, RB966928, CTC9004M, CV7870 e RB86-7515, ao passo que a menor produção de matéria seca da parte área foi observado nas variedades de cana-de-açúcar RB985476, RB975952 e RB97-5242 (Tabela 1).

A produção de matéria seca das raízes variou de 53 a 94 g/planta, e foi significativamente maior na variedade de cana-de-açúcar

CTC9004M, seguida pelas variedades RB985476, RB966928, CV7870, RB97-5242 e RB86-7515, ao passo que a menor produção de matéria secas das raízes foi obtida nas variedades de cana-de-açúcar RB975952 e RB855156 (Tabela 1).

A aplicação do maior nível de adubação fosfatada resultou nos maiores valores para todas as características morfológicas das plantas de canade-açúcar (Tabela 1). Estes resultados evidenciam a importância do adequado manejo da adubação fosfatada, especialmente no que se refere à quantidade de P a ser aplicado na implantação e na reforma das lavouras de cana-de-açúcar.

A inoculação das mudas pré-brotadas de canade-açúcar com *Azospirillum brasilense* não afetou significativamente a maioria das características morfológicas das plantas, exceto o número de perfilhos por planta (Tabela 1). A inoculação de *A. brasilense* resultou no menor número de perfilhos por planta quando comparado as plantas não inoculadas (Tabela 1). Estes resultados evidenciam que o *A. brasilense* não resultou em efeito significativo para potencializar a solubilização de fosfato do solo e melhorar o crescimento inicial das plantas de cana-de-açúcar.

Silva et al. (2004) reportaram que a inoculação de *A. brasilense* melhorou o desenvolvimento das raízes, e resultou em plantas de cana-de-açúcar com maior altura e diâmetro de colmo. Inagaki et al. (2014) reportaram que a inoculação com *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* melhorou o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas de milho, indicando que houve aumento na solubilização do P no solo e/ou maior absorção de P do solo. No entanto, estes efeitos para a cultura da cana-de-açúcar não foram verificados no presente estudo.

## CONCLUSÕES

As variedades de cana-de-açúcar RB966928, CTC9004M e CV7870 possuem maior potencial de crescimento inicial sob condições de cultivo protegido, ao passo que a variedade RB975242 tem menor potencial de crescimento sob condições de cultivo protegido.

A aplicação de altos níveis de adubação fosfata potencializou o crescimento e o desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar quando cultivadas em solos arenosos da região do Cerrado brasileiro.

A inoculação das mudas pré-brotadas com *Azospirillum brasilense* não melhorou o crescimento inicial das plantas de cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, abril/2019. [Acessado em: 3 mar. 2020]. Disponível em: http://www.conab.gov.br/.

Dobbelaere SCA, Thys A, Ptacek D, Vanderleyden JDP, Labandera-Gonzalez C, Romellado JC, Aguirre JF, Kapulnik Y, Brener S, Burdman S, Kadouri D, Sarig S, Okon Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with Azospirillum. Australian Journal of Plant Physiology, 2001; 28:871- 879.

Fukami J, Cerezini P, Hungria M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. AMB Express, 2018; 8:1-12.

Inagaki AM, Guimarães VF, Rodrigues LFOS, Silva MB, Diamante MS, Rampim L, Mioranza TM, DuarteJúnior JB. Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria. African Journal of Agricultural Research, 2014; 48:3480-3487.

Mendes I, Reis-Junior FB. Microrganismos e dis-

ponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. Planaltina/DF: EMBRAPA, 2003.

Owen D, Williams AP, Griffith GW, Withers PJA. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. Applied Soil Ecology, 2015; 86:41-54.

Roy ED, Richards PD, Martinelli LA, Coletta LD, Lins SRM, Vazquez FF, Willig E, Spera SA, Vanwey LK, Porder S. The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics. Nature Plants, 2016; 2:e16043.

Silva AAO, Felipe TA, Bach EE. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). ConScientiae Saúde, 2004; 3:29-35.

Sousa DMG, Lobato E (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

Withers PJA, Rodrigues M, Soltangheisi A, Carvalho TS, Guilherme LRG, Benites VM, Gatiboni LC, Sousa DMG, Nunes RS, Rosolem CA, Andreote FD, Oliveira Jr A, Coutinho ELM, Pavinato PS. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. Scientific Reports, 2018; 8:e2537.

Wyciszkiewicz M, Saeid A, Dobrowolska-Iwanek J, Chojnacka K. Utilization of microorganisms in the solubilization of low-quality phosphorus raw material. Ecological Engineering, 2016; 89:109-113.

Tabela 1. Altura de planta (AP), número de perfilhos por planta (NP), número de folhas por perfilho (NFP), diâmetro do colmo (D), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) das diferentes variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) cultivadas sob níveis de adubação fosfatada [20 mg $dm^{-3}$ de P (Nível baixa) e 200 mg $dm^{-3}$ de P (Nível alto) e submetidas ou não a inoculação de *Azospirillum brasilense*. UEMS/ Cassilândia-MS, 2019-2020.

| Fonte de Variação | AP | NP | NFP | DC | MSPA | MSR | MST |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Variedade de cana-de-açúcar** | | | | | | | |
| RB98-5476 | 81,8 c | 3,5 b | 9,0 b | 19,0 a | 78,0 b | 65,0 b | 142,9 b |
| RB97-5952 | 125,8 a | 2,9 c | 8,7 b | 17,2 a | 86,4 b | 52,6 c | 139,0 b |
| RB85-5156 | 124,0 a | 1,5 d | 11,3 a | 18,9 a | 102,6 a | 56,5 c | 159,1 b |
| RB96-6928 | 127,4 a | 4,5 a | 7,3 c | 18,4 a | 115,8 a | 66,8 b | 182,6 a |
| CTC9004M | 102,8 b | 2,4 b | 10,0 b | 19,7 a | 104,7 a | 93,5 a | 198,2 a |
| CV7870 | 119,9 a | 2,9 a | 10,5 a | 18,2 a | 109,8 a | 66,4 b | 176,2 a |
| RB97-5242 | 89,3 c | 2,6 b | 10,6 a | 17,5 a | 79,2 b | 70,9 b | 150,1 b |
| RB86-7515 | 102,7 b | 2,6 b | 9,2 b | 21,0 a | 107,9 a | 69,2 b | 177,1 a |
| **Nível de adubação fosfatada** | | | | | | | |
| Baixo (20 mg $dm^{-3}$ de P) | 98,9 b | 2,2 b | 10,3 a | 18,1 b | 77,4 b | 55,1 b | 132,5 b |
| Alto (200 mg $dm^{-3}$ de P) | 119,6 a | 3,5 a | 8,8 b | 19,4 a | 118,7 a | 80,1 a | 198,8 a |
| **Inoculação de *Azospirillum brasilense*** | | | | | | | |
| Controle | 110,3 a | 3,1 a | 9,2 b | 19,0 a | 99,4 a | 65,7 a | 165,1 a |
| Planta inoculadas | 108,2 a | 2,6 b | 9,9 a | 18,5 a | 96,8 a | 69,5 a | 166,2 a |

(1)Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Respostas das Lavouras de Cultivar IRGA 431 CL à Adubação Potássica na Safra 2019/20

Giovanna Gelak Spinelli[1]; Glaciele Barbosa Valente[2]; Pâmela Scolaro[3]; Karina Scheffer Santos[4]; Márcio Falero[5]; Kimberly Greice Kunze Bastos[6]

[1]Estagiário de Iniciação Científica; Instituto Rio Grandense do Arroz; giovanna_spi97@hotmail.com; [2]Técnico Superior Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz; [3]Estagiário de Iniciação Científica, Instituto Rio Grandense do Arroz; [4,5] Técnico Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz; [6]Estagiário, Instituto Rio Grandense do Arroz

## INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil, sendo responsável por cerca de 70% da produção nacional (SOSBAI, 2018). Na safra de 2019/2020 foi semeada no estado uma área de 936.316 hectares, com produtividade média de 8.402 kg $ha^{-1}$ (IRGA, 2020). Em 2018, o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), lançou a cultivar IRGA 431 CL. Na safra 2018/19 a cultivar foi semeada apenas para a produção de sementes. Na safra 2019/20, foi a primeira safra em lavouras comercias, sendo a nova cultivar a terceira mais semeada no Estado, ocupando 8,5% da área total (IRGA, 2020). A cultivar apresenta ciclo precoce, 120 dias, alto potencial produtivo e excelente qualidade de grãos, além de resistência à brusone em folhas e panículas, aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, à toxidez de ferro e ao acamamento (Almeida et al.,2019).

A fertilidade dos solos orizícolas do RS teve redução gradual ao longo dos anos, ocasionada por cultivos sucessivos de arroz associados a uma fertilização aquém da quantidade exportada pelos grãos e perdas no sistema, além do frequente e intensivo revolvimento realizado no preparo do solo (SOSBAI, 2018). De acordo com Almeida & Anghinoni (2018), comparando análises realizadas entre os anos de 2013/16 com as de 2009/12, houve aumento de ocorrência de áreas classificadas nas classes baixo e médio disponibilidade de K, e diminuição nas classes alto e muito alto. Segundo esses autores, no caso específico do K, a quantidade exportada do nutriente é menor em relação à sua adição através dos fertilizantes, indicando a perda desse nutriente no sistema através de escoamento superficial, lixiviação ou fixação do K entre as camadas de minerais 2:1 em subsuperfície.

A lavoura de arroz teve uma grande evolução nas recomendações de adubação. Até a safra 2003/04 as médias de produtividade não ultrapassavam 6,0 Mg $ha^{-1}$ (IRGA, 2018), com essas baixas produtividades e o manejo utilizado pela lavoura de arroz irrigado não havia respostas consistentes à adubação (Menezes et al., 2010). Com as mudanças no manejo do arroz irrigado, antecipação na época de plantio, uso de cultivares com maior potencial produtivo e antecipação da irrigação, a cultura passou a apresentar alta resposta à adubação e alta produtividade de grãos (Almeida & Anghinoni, 2018). A partir

de 2010 a adubação e calagem para a cultura do arroz passaram a ser recomendadas a partir de diferentes expectativas de resposta à adubação (SOSBAI, 2018). É esperado alta resposta à adubação quando o arroz é cultivado sob condições climáticas favoráveis, com cultivar de alto potencial produtivo, adequadas época e densidade de semeadura e manejo da cultura, além de controle de planta daninhas, pragas e doenças, em condições onde esses fatores não estejam adequados, as respostas da cultura serão de médias a baixas, devendo diminuir as doses de fertilizantes a serem recomendados (SOSBAI, 2018).

De acordo com Anghinoni et al. (2013), a resposta do arroz à adubação potássica é positiva, sendo recomendável a aplicação da dose de máxima eficiência econômica de K, independentemente do custo do fertilizante, ano agrícola ou $CTC_{pH7}$ do solo. Em experimentos a cultivar IRGA 431 CL foi bastante responsiva à adubação, sendo recomendada a utilização de doses de potássio que atendam a expectativa de resposta à adubação muito alta (Almeida et al., 2019). Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar se a cultivar apresentou esta resposta à expectativa de adubação potássica em lavouras comercias na safra 2019/2020.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na safra de 2019/2020 foi realizado pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) o projeto integrado de Pesquisa e Extensão para acompanhar o comportamento da cultivar IRGA 431 CL, no seu primeiro ano de cultivo comercial. Foram acompanhadas 215 lavouras pelos extensionistas do Departamento de Assistência Técnica e Extensão Rural (IRGA/DATER), com a realização de coletas de amostras de solo em 175 lavouras, um total de 6852 hectares distribuídas nas seis regiões orizícolas do Estado: Zona sul (39), Campanha (31), Fronteira Oeste (50), Planície Costeira Interna (6), Região Central (46) e Planície Costeira Externa (3). As amostras foram coletadas antes do plantio do arroz, sendo coletadas 20 subamostras por lavoura na camada de 0-20 cm para formar uma amostra representativa da área.

As análises das amostras foram realizadas no laboratório de solos do IRGA, em Cachoeirinha. Foram analisados os teores disponíveis de potássio (Mehlich 1), conforme Tedesco, et al (1995). As interpretações das classes potássio no solo foram realizadas segundo as Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil para arroz irrigado (SOSBAI, 2018) e o Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da totalidade das áreas acompanhadas, ocorreu uma predominância de disponibilidade de potássio na classe baixo, seguidos pela classe muito baixo, não ocorrendo nenhuma área na classe de disponibilidade de potássio muito alto (Figura 1). Em comparação com Boeni et al., (2010), que considerou apenas as classes baixo, médio e alto, ocorreu um aumento da proporção de solos na classe baixo e uma diminuição dos solos na classe médio e alto, indicando uma diminuição nos teores de potássio em solos cultivados com arroz irrigado, o que também foi constatado por Almeida e Anghinoni (2018).

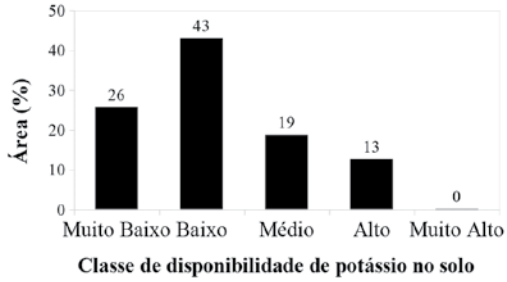



Figura 1. Percentual de área em cada classe de disponibilidade de potássio no solo das lavouras acompanhadas na safra 2019/20.

Na média das lavouras acompanhadas, para classe muito baixa, foi aplicado em média 91 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$, quantidade que atende apenas a expectativa de resposta à adubação muito baixa. Na classe baixo, em média foi aplicado 92 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$, atendendo uma expectativa de resposta à adubação alta. Apenas foi atendido a expectativa muito alta de resposta a adubação, recomendado para a cultivar IRGA 431 CL, na classe médio que utilizou-se em média 112 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ e na classe alta que foi utilizado em média 71 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$. (Figura 2). Então do total da área acompanhada, apenas 38% atenderam a recomendação para a cultivar IRGA 431 CL, se enquadrando na expectativa de resposta à adubação potássica muito alto, o restante da área, 17%, 16% e 29% adubaram para uma expectativa de resposta a adubação alta, média e baixa, respectivamente (Figura 3), o que pode ter prejudicado a expressão do potencial produtivo da cultivar.

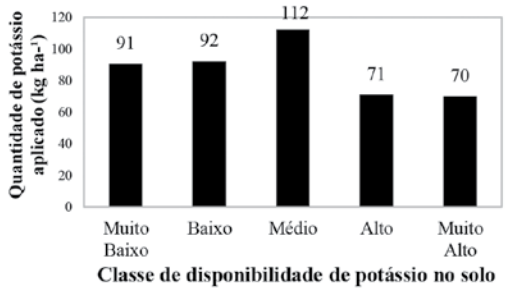



Figura 2. Quantidade de $K_2O$ aplicado nas lavouras acompanhadas na safra 2019/20, de acordo com as classes de disponibilidade de potássio no solo.

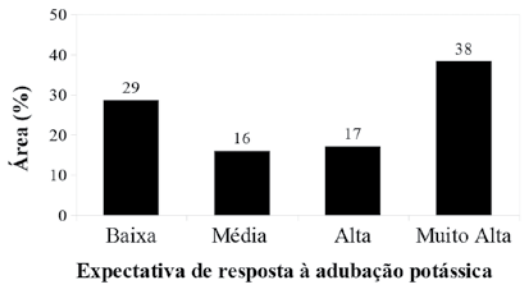



Figura 3. Percentual de área das áreas acompanhadas na safra 2019/20 de acordo com a expectativa de resposta à adubação potássica.

A maior produtividade média de grãos nas lavouras acompanhadas na safra 2019/20, foi atingida quando a adubação foi realizada para uma expectativa muito alto de resposta à adubação. Para essa expectativa de resposta à adubação, a cultivar IRGA 431 CL produziu em média 9,34 Mg $ha^{-1}$, superando a produtividade em 0,15, 1,24 e 0,65 Mg $ha^{-1}$ das áreas que foram adubadas para expectativa de resposta à adubação alta, média e baixa, respectivamente (Figura 4). Apesar de ser uma cultivar de ciclo precoce, a cultivar IRGA 431 CL apresentou resposta semelhante a cultivar de ciclo médio IRGA 424 RI (Schoenfeld et al., 2015). Neste estudo, a cultivar IRGA 424 RI apresentou resposta linear à adubação, atingindo maiores produtividades com doses de 135 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ (nível de adubação muito alta). Ghros et al (2019) já havia confirmado essa resposta à adubação semelhante nas cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, as duas cultivares responderam à expectativa de resposta muito alta e atingiram produtividades média de grãos semelhantes.




Figura 4. Produtividade da cultura do arroz em cada classe de expectativa de resposta à adubação potássica, nas lavouras acompanhadas safra 2019/2020.

## CONCLUSÃO

A cultivar 431 CL atinge as maiores produtividades quando adubada para expectativa de resposta muito alto, sendo as baixas adubações de potássio um fator que limita a produtividade de grãos nas lavouras de IRGA 431 Cl.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os extensionistas do IRGA pela coleta de amostras de solo, acompanhamento e levantamento de informações das lavouras. Também aos técnicos do laboratório de solos do IRGA, que realizaram as análises. Ao Cnpq agradecemos pelas bolsas de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

Almeida D, Anghinoni I. Projeto soja 6.000: manejo para alta produtividade em terras baixas. 2. ed. Porto Alegre: JRJ, 2018. 96 p (Boletim técnico)

Almeida D, Favero D, Miranda FF, Fonseca GM, Valente GB, Grohs M, Lopes SG. IRGA 431 Cl: Resistência à brusone e excelente qualidade de grãos. Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz; 2019 (Circular técnica, n.002)

Anghinoni I, Carmona FC, Genro Junior SA, Boeni M. Adubação potássica em arroz irrigado conforme a capacidade de troca de catiônica do solo. Pesq. agropec. bras., Brasília. 2013. 48: 1481-1488.

Boeni M, Anghinoni I, Genro Jr. SA, Osório Filho BD. Evolção da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz; 2010. (Boletim técnico, n.9).

Ghros M, Silveira RM, Bredow AA, Dorneles AB, Neu GRF. Expectativa de resposta à adubação da cultivar IRGA 431 CL. XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado – Balneário Camboriú/SC, 2019. Anais eletrônico, Itajaí/SC, 2019.

Instituto Rio Grandense do Arroz- IRGA. Boletim de resultados da lavoura – safra 2019/2020: Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação, agosto/2020. [Acessado em: 31 ago. 2020]. Disponível em: https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008/19144808 -boletim-de-resultados--da-lavoura-safra-2019-2020irga.pdf

Instituto Rio Grandense do Arroz. IRGA. Área e produção de arroz, agosto de 2018. [Acessado em 03 set. 2020]. Disponível em: https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/19141756producao-rs-x-br.pdf

Menezes VG, Anghinoni I, Silva PRF, Macedo VRM, Petry C, Grohs DS, Freitas TFS, Valente LAL. Projeto 10: Estratégias de manejo para aumento da produtividade e de sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS, avanços e novos desafios. Cachoeirinha. Instituto Rio Grandense do Arroz; 2010. (Boletin técnico)

SBCS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. [S.l.]: SBCS. CQFS RS/SC, 2016. 376 p

Schoenfeld R, Grohs M, Selau F, Marcolin E, Silva PRF. Resposta das cultivares IRGA 424 RI e IRGA 424 a níveis de adubação. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2015.

Sociedade sul-brasileira de arroz irrigado- SOSBAI -. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Farroupilha: SOSBAI, 2018. 205p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Sobrevivência Inicial de Erva-Mate sob Adubação Nitrogenada no Extremo Sul do Paraná

Márcia Toffani Simão Soares[1]; Volnei Pauletti[2]; Ivar Wendling[3]; Delmar Santin[4]
Mônica Moreno Gabira[5], Rodrigo Claudino Clemente[6]

[1]Engenheira Agrônoma, Pesquisadora da Embrapa Florestas, PR. Estrada da Ribeira, Km 111 - Parque Monte Castelo, Colombo - PR, 83411-000, marcia.toffani@embrapa.br. [2]Engenheiro Agrônomo, Professor da Universidade Federal do Paraná. [3]Engenheiro Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas. [4]Engenheiro Florestal, autônomo. [5]Engenheira Florestal, doutoranda do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Paraná. [5]Engenheiro Agrônomo, doutorando do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal do Paraná.

## INTRODUÇÃO

Dentre as práticas silviculturais voltadas ao aumento da produtividade da erva-mate, merece destaque o manejo da fertilização nitrogenada, elemento chave para o ótimo desempenho de processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como a fotossíntese, a formação de proteínas (WARAICH et al., 2012) e a síntese de metabólitos voltados à tolerância de estresses abióticos (TOCA et al., 2018) e bióticos. Devido à grande exportação de N durante a colheita de folhas e galhos, seu uso é recomendado para aumento e manutenção de altos níveis de produtividade (SANTIN et al., 2019), para a manutenção da qualidade comercial e a reposição do nutriente ao sistema de produção. Ajustes no regime de adubação voltados a sincronizar a oferta do nutriente à fase de desenvolvimento da cultura são fundamentais para aumentar a eficiência da prática em condições de campo, com ganhos produtivos, economia no uso de insumos, aumento da eficiência energética e ambiental do sistema de produção.

Com base nestas demandas, o presente estudo teve por objetivo determinar a dose de nitrogênio aplicado via fertilizante mineral mais favorável à sobrevivência inicial de mudas clonais de ervamate.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área

O estudo foi realizado na Fazenda Água Viva, situada no município de General Carneiro, na Bacia Hidrográfica do Médio Iguaçu, extremo sul do estado do Paraná, próximo à divisa com o Estado de Santa Catarina. O clima do município, segundo a classificação de Koeppen, é Cfb-Subtropical úmido Mesotérmico, de verão fresco e inverno com ocorrência de geadas severas e frequentes (Alvares al., 2014). Os solos da região são desenvolvidos de rochas basálticas, sendo solos predominantes os Neossolos Litólicos, os Cambissolos (EMBRAPA, 1984) e Argissolos (Paraná, 1987, Caldeira et al., 2012).

### Tratamentos e avaliações

O delineamento experimental adotado foi em fatorial 5 x 2, distribuídos a campo em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas

parcelas foram aplicadas cinco doses anuais de nitrogênio (0, 5, 10, 20 e 30 gramas por planta na forma de ureia - 45% de N), e nas sub-parcelas dois materiais genéticos (clone 1 - BRS BLD Yari e clone 2 - BRS BLD Aupaba). Os cultivares clonais utilizados são recomendados para a produção de massa foliar de sabor suave (WENDLING et al., 2017). Também foram aplicados anualmente 30 gramas por planta de $P_2O_5$ na forma de superfosfato simples e 20 gramas por planta de $K_2O$ na forma de cloreto de potássio (KCl). Na implantação a adubação foi realizada toda no sulco de plantio e nos demais anos dividida em duas doses iguais e aplicada em superfície em fevereiro/março e agosto/setembro.

Cada sub-parcela foi constituída por 3 linhas de plantio, cada uma com 5 plantas, no espaçamento 3,0 x 1,5, sendo a parcela útil as 6 plantas centrais. O preparo do solo consistiu na aplicação de 5 toneladas de calcário dolomítico em área total e subsolagem com trator de esteira D4 a 60 cm de profundidade e 10 cm de largura. O plantio das mudas foi realizado no final de agosto de 2018, com reposição das mudas mortas no final de maio de 2019.

A época de plantio foi selecionada por constituir o final da estação de inverno, com significativa diminuição dos riscos de geada em relação aos demais meses da estação (WREGE et al., 2018). A contagem da sobrevivência das mudas nas parcelas úteis foi realizada nos dias 30.05.2019 (E1), 19.09.2019 (E2) e 05.02.2020 (E3), correspondendo a 9, 13 e 18 meses após o estabelecimento inicial de mudas a campo.

Os dados de mortalidade foram submetidos à transformação (E1 e E3 à raiz quadrada (x+1) e E2 à 1/(x+1)), seguido da análise de variância (PROC GLM) e, para cada época, o efeito das doses, dos materiais genéticos e interação destes fatores. Regressões polinomiais linear e quadrática foram também testadas para a obtenção da dose de máxima eficiência técnica, nas diferentes épocas avaliadas.

## RESULTADOS

Os menores percentuais de sobrevivência foram observados em maio de 2019 e fevereiro de 2020 (E1 e E3), com mortalidades médias registradas de 68,3% e 35% (C1) 26,7 e 41,7% (C2), respectivamente (Tabela 1). Os clones diferiram

Tabela 1. Mortalidade média de dois cultivares clonais após estabelecimento a campo[1]

| | | Mortalidade Média | | |
|---|---|---|---|---|
| Época | Clone | n | | % |
| E1 | C1 | 4,10 | * | 68,33 |
| (30.05.2019) | C2 | 1,60 | | 26,67 |
| E2 (19.09.2019) | C1 | 0,35 | * | 5,83 |
| | C2 | 0,85 | | 14,17 |
| E3 | C1 | 2,10 | n.s. | 35,00 |
| (05.02.2020) | C2 | 2,50 | | 41,67 |

[1]Sendo n: número de observações; * significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. N.S.: não significativo. Valores médios não transformados.

quanto ao número de indivíduos mortos em E1 e E2 ($p \leq 0,01$), sendo que, em E1, a mortalidade também variou em função das diferentes doses de N, com interação significativa entre doses e clones ($p \leq 0,01$). As regressões entre doses, C2 e C1+C2 indicaram melhores condições de sobrevivência dos clones sem a suplementação mineral em E1 (Figuras 1 b e c). Em E3, nenhum dos fatores avaliados resultaram em alterações na mortalidade das plantas a campo (Tabela 1 e gráficos g, h, i da Figura 1).

## DISCUSSÃO

Embora a erva-mate utilize expressivas quantidades de N durante a formação de copas, resultados desfavoráveis em razão da suplemen-

tação nitrogenada foram também observados por Mazuchowski (2004), Santin et al. (2008) e Dias et al. (2019) durante a formação de mudas. Em minijardim clonal, Dias et al. (2019) observaram que doses excessivas de N podem diminuir o enraizamento de estacas e a produtividade de minicepas de clones da espécie. No presente estudo, o efeito nulo ou negativo da suplementação nitrogenada sobre a sobrevivência pode ser atribuído ao suficiente fornecimento de N para a aclimatação e arranque inicial das mudas a campo, por meio da mineralização da matéria orgânica. A transformação de formas de N orgânico do solo em N mineral pode ter sido estimulada, antes do plantio, através da movimentação do solo, com diminuição da proteção física da matéria orgânica, e com a calagem. A adubação mineral fosfatada e/ou potássica também podem ter contribuído para aumento da eficiência de assimilação do N pelas plantas (SILVA et al., 2009; ZHANG et al., 2010) em todos os tratamentos avaliados.

Assim como no presente estudo, a influência do material genético no desenvolvimento inicial da espécie também foi observada por Corrêa (1995) e Dias et al. (2019) durante a formação de mudas via estaquia. Materiais genéticos mais aptos à formação do sistema radicular podem favorecer maior ancoragem e exploração do perfil do solo, maior aquisição de água e de nutrientes, conferindo aos plantios resiliência durante o processo de aclimatação, bem como e maiores chances de estabelecimento no campo.

Os resultados obtidos no presente trabalho reforçam a necessidade da aquisição de informações voltadas a ajuste da suplementação nitrogenada, com base nas diferenças nutricionais e fisiológicas entre os genótipos, as fases de desenvolvimento da cultura e as condições de clima e de solo em cada região de plantio.

## CONCLUSÕES

Nas condições experimentais apresentadas, conclui-se que:

A sobrevivência em campo de mudas de ervamate difere em função do material genético utilizado;

A adubação nitrogenada não favorece o estabelecimento inicial de mudas de erva-mate a campo.

## AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao produtor Márcio Pizzatto e a todos os funcionários da Fazenda Água Viva pelo suporte logístico à condução experimento.

## REFERÊNCIAS

Alvares, CA, Stape, JL, Sentelhas, PC, Gonçalves, JLM, Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. 2014;22:711–728.

Caldeira, MVW, Marques, R, Watzlavick, LF, Soares, GLG, Soares, RV. Índice de eficiência de micronutrientes em espécies arbóreas - Floresta Ombrófila Mista Montana/Paraná. FLORAM. 2012; 13:10-19.

Correa, G. (1995). Controle genetico do enraizamento de estacas de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint Hilarie) [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1995.

De Resende, MDV, Sturion, JA, De Carvalho, AP, Simeão, RM, Fernandes, JSC. Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela EMBRAPA: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. Colombo: Embrapa Florestas; 2000; 65p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 43).

De Resende, MDV, Sturion, JA, De Carvalho, AP, Simeão, RM, Fernandes, JSC. Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela

EMBRAPA: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. Colombo: Embrapa Florestas; 2000; 65p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 43).

Duarte, MM, Gabira, MM, Cássia Tomasi, J, Vieira, LM, Aguiar, NS, Maggioni, RA, Amano, E, Lazzaroto, M, Nogueira, AC, Wendling, I. Adubação nitrogenada na miniestaquia de erva-mate. Adv For Sci. 2020;7:981-988. doi: 10.34062/afs.v7i2.9716

Mazuchowski, J.Z. Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate Ilex paraguariensis St. Hil. [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2004.

Santin, D, Benedetti, EL, Barros, NF, Almeida, IC, Simiqueli, GF, Neves, JCL, Wendling, I, Reissmann, CB. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. Ci Fl. 2019; 29:11991214. doi: https://doi.org/10.5902/1980509810843

Santin, D, Benedetti, EL, Brondani, GE, Reissmann, C B, Orrutéa, AG, Roveda, LF. Crescimento de mudas e erva-mate fertilizadas com N, P e K. Sci Agrar. 2008; 9:59-66.

Silva, C, Dalmolin, R, Pedron, F, Ten Caten, A. Adequabilidade das terras para o cultivo de erva-mate na percepção dos agricultores. Perspectiva. 2012;135: 27-40.

Silva, ECD, Muraoka, T, Villanueva, FCA, Espinal, FS C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. Pesqui. Agropecu. Bras. 2009: 44:118-127.

Suertegaray, CEO. Dinâmica da cultura da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) em sistemas agroflorestais e de monocultivo [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2002.

Taulavuori, K, Taulavuori, E, Sheppard, LJ. Truths or myths, fact or fiction, setting the record straight concerning nitrogen effects on levels of frost hardiness. Environ. Exp. Bot. 2014;106:132-137.

Toca, A, Oliet, JA, Villar-Salvador, P, Maroto, J, Jacobs, DF. Species ecology determines the role of nitrogen nutrition in the frost tolerance of pine seedlings. Tree physiol. 2018;38:96-108.

Waraich, EA, Ahmad, R, Halim, A, Aziz, T. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. J. Soil Sci. Plant Nutr. 2012;12:221244.

Wendling, I, Santin, D, Nagaoka, R, & Sturion, J. BRS BLD Aupaba e BRS BLD Yari: cultivares clonais de erva-mate para produção de massa foliar de sabor suave. Colombo: Embrapa Florestas; 2017. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 411).

Wrege, MS, Fritzsons, E, Soares, MTS, Prela-Pântano, A, Steinmetz, S, Caramori, PH, Radin, B, Pandolfo, C. Risco de ocorrência de geadas na região centro-sul do Brasil. Rev. Bras. Meteorol. 2018;22:524-553.

Zhang, F, Niu, J, Zhang, W, Chen, X, Li, C, Yuan, L, Xie, J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. Plant soil. 2010; 335:21-34.

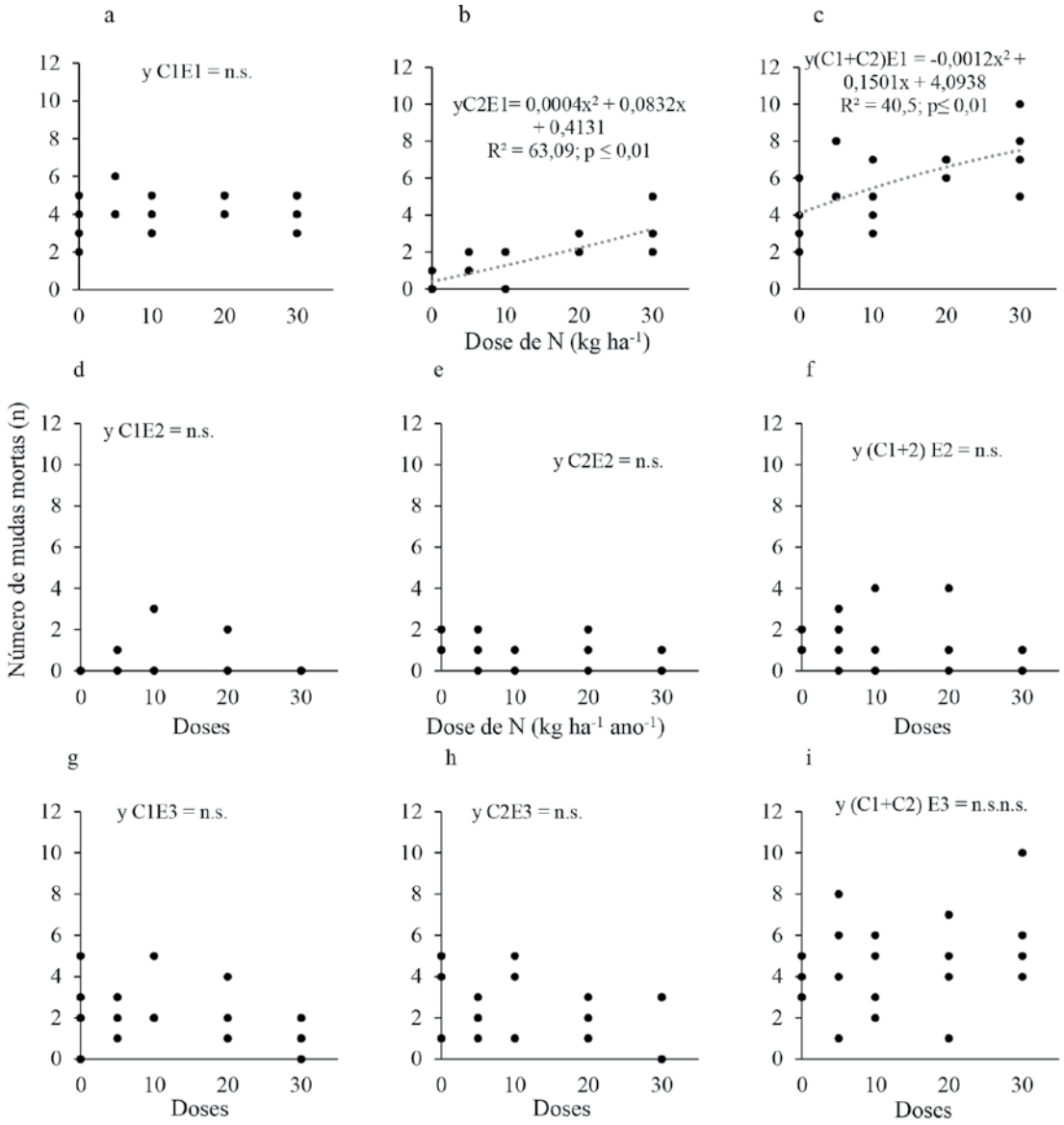



Figura 1. Mortalidade de variedades clonais de erva-mate (clone 1: a, d, g; clone 2: b, e, h, soma clones (1+2): c, f, i) submetidas a diferentes doses de nitrogênio, aos 9 (E1), 13 (E2) e 18 (E3) meses após o estabelecimento inicial de mudas a campo

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Teores de Nitrato, Potássio e Condutividade Elétrica na Solução do Substrato e Solo e em Folhas de Tomate Cultivado em Ambiente Protegido

João Victor Cecin Soprano[1]; Krislei Inês Giacomin[2]; Anderson Fernando Wamser[3]; Leandro Hahn[3]

(1) Estudante de Agronomia da Unidade Central de Educação FAI Faculdades (UCEFF). Endereço: Rua Ludovico Wronski, 447, Descanso-SC. E-mail: jvc.soprano@gmail.com; (2) Estudante de Agronomia da Universidade de Passo Fundo (UPF); (3) Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp.

## INTRODUÇÃO

A região de Caçador é a maior região produtora de tomate de Santa Catarina, com área próxima de 900 ha (EPAGRI, 2019). A cultura encontrou na região condições de clima adequado para seu desenvolvimento, principalmente em relação às temperaturas mais amenas no verão, época em que os frutos estão maturando (CONAB, 2019). Em função desta adaptação, a produtividade é bem alta, com 83,5 t $ha^{-1}$ na safra 2018-19 (EPAGRI, 2019).

O cultivo de tomate nessa região se dá a campo e, o acompanhamento dos custos nos últimos anos, mostra ganhos cada vez menores aos produtores, dado o aumento do custo de insumos e a concorrência na produção de tomate de outras regiões do Brasil. Além disso, para pequenos produtores, áreas novas para plantio são cada vez mais escassas ou então, o retorno a áreas já utilizadas se dá em menor tempo, o que aumenta a incidência de doenças radiculares. Neste sentido, o cultivo protegido, e em substrato, surge como alternativa, porém, a pesquisa científica ainda não oferece conhecimento suficiente para orientar este tipo de produção na região, principalmente em manejo nutricional associado com ferramentas de monitoramento do estado nutricional das plantas. A eficiente avaliação do estado nutricional das culturas contribui para a exploração correta da disponibilidade de nutrientes nos diferentes tipos de solo e sob diversos sistemas de manejo.

O conhecimento da curva de crescimento e da marcha de absorção de nutrientes do tomateiro é imprescindível para calibrar o fornecimento de nutrientes de acordo com a demanda de cada híbrido e do local de cultivo. Quando a adubação é por meio de fertirrigação, onde os fertilizantes são fornecidos de forma rápida e eficaz, o uso de métodos de monitoramento e avaliação dos níveis nutricionais são ferramentas indispensáveis para atingir maiores produtividades e qualidade dos produtos colhidos (HAHN et al., 2018).

O diagnóstico nutricional do tomateiro pode ser realizado com uso de inúmeras metodologias, como a análise foliar. Mais recentemente, tem sido investigada metodologias de diagnóstico em tempo real, como o monitoramento dos teores de nutrientes nas soluções do solo e da folha (FERREIRA et al., 2011; BITYUTSKI et al., 2017), permitindo ajustes mais rápidos na adubação do tomate. No entanto, em cultivos pro-

tegidos da região de Caçador, estes parâmetros ainda não foram definidos pela pesquisa, tanto com cultivo em vaso, quanto em substrato. O objetivo do trabalho é avaliar o estado nutricional de plantas de tomate em cultivo protegido cultivadas em vaso e em substrato.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na EPAGRI, Estação Experimental de Caçador-SC na safra 2019-2020. Em estufa modelo Bandeirante, mudas de tomate híbrido 'Coronel', de crescimento indeterminado, foram transplantadas e conduzidas em dois sistemas de cultivo: solo e substrato em vaso.

No cultivo em solo, este é um Nitossolo Bruno distrófico, com as seguintes características: argila 50%, pH 5,6; MO 4,3%; fósforo 13,88 mg/dm$^3$ e potássio 268 mg/dm$^3$. Na linha de cultivo aplicouse 3,0 t ha$^{-1}$ de cama de aviário; na fertirrigação aplicou-se 300 e 400 kg ha$^{-1}$ de N e $K_2O$, respectivamente, na forma de nitrato de potássio e nitrato de cálcio. O N e o K foram distribuídos semanalmente via fertirrigação a partir da quarta semana, de acordo com a curva de crescimento do híbrido (HAHN et al., 2019). As plantas foram distribuídas em cinco linhas com 0,4 m entre plantas e 2,00 m entre fileiras. Cada uma das cinco repetições foi constituída por cinco plantas.

No tomate cultivado em substrato, cada uma das cinco unidades experimentais foi composta por cinco vasos com substrato de casca de pinus compostada, casca de pinus carbonizada, vermiculita, calcário e NPK com uma planta por vaso. O volume do vaso é 8 L. A solução nutritiva foi formulada a partir de Furlani et al. (2004) e aplicada nos vasos com monitoramento da umidade do substrato realizado instantaneamente por meio de sensores de tensão Irrigás® (Hidrosense, São Paulo, Brasil).

Dois lisímetros foram instalados por parcela na profundidade 20 cm entre duas plantas de tomate cultivado no solo. No tomate cultivado em substrato, instalou-se um lisímetro por vaso. A coleta da solução iniciou aos 80 dias após o plantio (início da colheita) e a cada sete dias até o término da colheita. Da solução coletada, determinou-se os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ com uso de medidores específicos de íons modelo LaquaTwin B-743 (Horiba Ltd., Kyoto, Japan), e a condutividade elétrica (CE) com uso de condutivímetro. Os valores da CE obtidos nas soluções do substrato foram corrigidos para a umidade do substrato no método do extrator aquoso 1:1,5 (v/v).

No mesmo dia da coleta da solução do solo e vaso, coletou-se a solução do pecíolo da 4ª folha, contada a partir do ápice, de cinco folhas por parcela. Os pecíolos foram exprimidos e, a partir a solução, determinou-se os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ com uso de medidores específicos, já descritos. Frutos de tomate foram colhidos semanalmente para determinação do rendimento nas classes comerciais, produção total e massa média de frutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Monitoramento nutricional do tomate cultivado em substrato

Ocorreu um aumento gradual dos teores de $NO_3^-$ e $K^+$ na solução coletada dos substratos (Figura 1), o que demonstra um acúmulo destes dois nutrientes no substrato. A CE da solução acompanhou a concentração de $NO_3^-$ e $K^+$, provavelmente sendo os dois íons que mais afetaram a CE. Furlani e Pires (2004) citados por Furlani et al. (2004) recomendam as CE de 2,0 e 2,2 dS m$^{-1}$ para as fases do plantio até o início da frutificação e do início da frutificação até o final do ciclo, respectivamente. No presente estudo,

valores de CE atingiram 5,0 mS $dm^{-3}$, que pode ter sido muito alto para o tomate. Wu & Kubota (2008), aumentando a CE da solução nutritiva de 2,3 para 4,5 mS $dm^{-3}$ somente a partir do estágio de amadurecimento dos tomates, observaram aumentos nos teores de sólidos solúveis, bem como aumento dos teores de licopeno nos frutos. Aspectos relacionados à qualidade dos frutos não foram avaliados na presente pesquisa, mas deverão ser avaliados em estudos futuros.

Já os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ na solução do pecíolo da folha acompanharam o aumento dos teores na solução do substrato até a coleta aos 101 dias após o transplante (DAT) (Figura 2). A partir dessa coleta, ocorreu uma redução na coleta seguinte (108 DAT) e uma estabilização dos teores até o término das avaliações (Figura 2). A produção por planta foi de 50,45 frutos e 8,64 kg, com maior parte dos frutos de maior calibre (Extra AA), (Tabela 1), com 190,91 g por fruto Extra AA (Tabela 2).

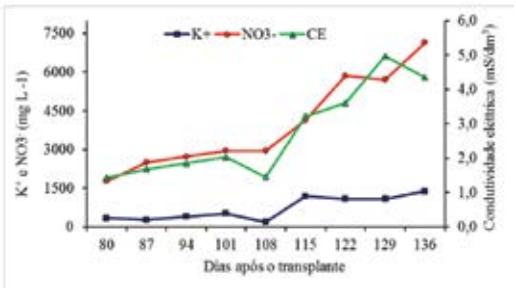



Figura 1. Teores de potássio ($K^+$) e nitrato ($NO_3^-$) na solução do substrato com cultivo de tomate em ambiente protegido.

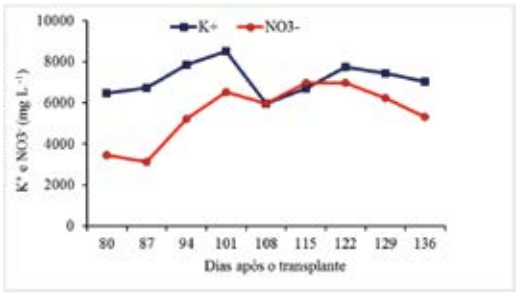



Figura 2. Teores de potássio ($K^+$) e nitrato ($NO_3^-$) na solução do pecíolo da folha de tomate cultivado em substrato e em ambiente protegido.

## Monitoramento nutricional do tomate cultivado no solo

Os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ e a CE aumentaram na solução do solo até os 113 e 120 DAT, respectivamente (Figura 3), o que ocorreu 15 e 20 dias após o pico de fornecimento de N e K via fertirrigação do tomate 'Coronel'. A partir disso, os teores diminuíram, acompanhando a diminuição do suprimento de N e K via fertirrigação. No entanto, esta redução também está associada à alta absorção destes dois nutrientes pelas plantas de tomate, os quais são os nutrientes mais absorvidos pelo tomate (FAYAD et al., 2002). A CE acompanhou estas variações, atingindo valores máximos de 0,8 mS $dm^{-3}$ aos 120 DAT.

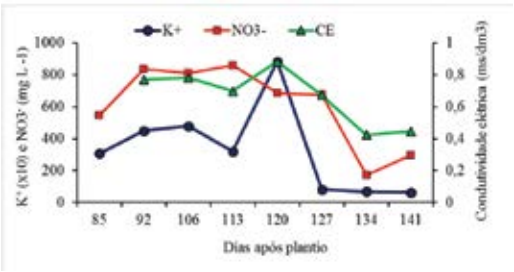



Figura 3. Teores de potássio ($K^+$) e nitrato ($NO_3^-$) na solução do solo com cultivo de tomate em solo e em ambiente protegido.

Os teores dos íons $NO_3^-$ na solução do pecíolo da folha mostraram um aumento até os 113 DAT e uma redução a partir desta coleta (Figura 4), como também observado na solução do solo. Para Ferreira et al., (2011), a aplicação de N via fertirrigação resultou em aumento nos teores de $NO_3^-$ na seiva e na matéria seca do pecíolo e de N total na matéria seca do limbo de folhas de tomateiro.

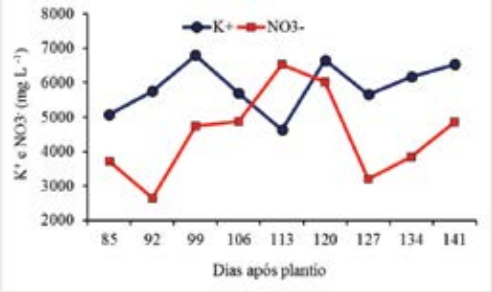



Figura 4. Teores de potássio ($K^+$) e nitrato ($NO_3^-$) na solução do pecíolo da folha de tomate cultivado em solo e em ambiente protegido.

Já os teores de $K^+$ não mostraram um padrão de evolução relacionado ao crescimento das plantas e dos teores na solução do solo. He et al. (1998), observaram para a cultura no tomateiro, nenhuma correlação entre os teores de $K^+$ da solução do suco foliar e os teores de K foliar em todas as fases de crescimento das plantas. Sob este ponto de vista, o monitoramento dos teores de $K^+$ da solução do pecíolo da folha pode não ser uma metodologia adequada de diagnóstico nutricional de K do tomateiro cultivado em solo em ambiente protegido, o que deverá ser melhor investigado em estudos futuros.

A produção comercial no cultivo no solo foi de 70,74 frutos e 11,92 kg, com maior parte dos frutos de maior calibre (Extra AA), (Tabela 1), com 191,48 g por fruto Extra AA (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

Os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ e a CE aumentam na solução do substrato em todo período de colheita de tomate, porém, na solução do pecíolo da folha os teores destes íons estabilizam a partir da metade até o término da colheita.

Os teores de $NO_3^-$ e $K^+$ e a CE aumentam na solução do solo até os 113 e 120 DAT, respectivamente. A partir disso, os teores diminuem, acompanhando a diminuição do suprimento de N e K via fertirrigação.

## REFERÊNCIAS

Bityutskii N, Yakkonen K, Petrova, A, Nadporozhskaya M.. Xylem sap mineral analyses as a rapid method for estimation plant-availability of Fe, Zn and Mn in carbonate soils: a case study in cucumber. J Soil Sc Plant Nutr. 2017;17:279-290. doi: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017005000022.

Conab. Tomate: análise dos indicadores da produção e comercialização no mercado mundial, brasileiro e catarinense. Compêndio de estudos Conab V.21, 2019. https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/co mpendio-de-estudos-daconab/item/download/29586_4fe6dd2c9c6d1fa5e1cbc5f82061717d+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 20 set 2020.

Epagri. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2019. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicaco es/Sintese_2018_19.pdf. Acesso em 15 set 2020.

Fayad JA, Fontes PCR, Cardoso AA, Finger FL, Ferreira FA. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. Hort Bras. 2002;20(1):90-94. doi: https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000100017

Ferreira MMM, Fontes PCR. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. Rev Agro@mbiente. 2011;5(2);106-112. doi: 10.18227/19828470ragro.v5i2.454.

Furlani PR, Faquin V, Alvarenga MAR. Produção em hidroponia. In: Alvarenga MAR. (Ed.). Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004, p.400.

Hahn L. et al. Diagnóstico do estado nutricional do tomateiro. Rev Campo Neg; 2018. Disponível em: https://revistacampoenegocios.com.br/

diagnosticodoestado-nutricional-do-tomateiro/. Acesso em 16 set 2020.

Hahn L, Feltrim AL, Bernardi M, Dal Bosco P, Moreira C. Análise de crescimento e marcha de absorção de nutrientes em plantas de tomate fertirrigado híbrido 'Coronel'. Caçador: Epagri, Relatório de pesquisa, 2019;

Wu M, Kubota C. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. Sc Hort, 2008;16:122-129. doi: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.11.014.

TABELA 1. Número e produção de frutos nas classes comerciais e total de tomate nos sistemas de cultivo em substrato e em solo.

| Sistema de cultivo | --- Extra AA --- | | --- Extra A --- | | --- Descarte --- | | --- Comercial --- | | --- Total --- | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Número planta$^{-1}$ | Massa planta$^{-1}$ | Número planta$^{-1}$ | Massa planta$^{-1}$ | Número planta$^{-1}$ | Massa planta$^{-1}$ | Número planta$^{-1}$ | Massa planta$^{-1}$ | Número planta$^{-1}$ | Massa planta$^{-1}$ |
| Substrato | 39,92 | 7,66 | 30,86 | 4,24 | 17,26 | 2,02 | 70,74 | 11,92 | 88,0 | 13,94 |
| Solo | 32,49 | 6,22 | 17,97 | 2,45 | 9,54 | 1,10 | 50,45 | 8,64 | 59,99 | 9,74 |

TABELA 2. Massa média de frutos (g) por planta de tomate nas classes comerciais e total nos sistemas de cultivo em substrato e em solo.

| Sistema de cultivo | Extra AA | Extra A | Descarte | Comercial | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Substrato | 191,48 | 137,8 | 117,0 | 168,28 | 158,41 |
| Solo | 190,91 | 137,0 | 115,3 | 171,64 | 162,36 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Uso de Surfactante na Aplicação Foliar de Substâncias Húmicas em Arroz

Brisa Ribeiro de Lima[1]; Andressa Fabiane Faria de Souza[2]; Leandro Azevedo Santos[3]; Andrés Calderín García[3]; Erinaldo Gomes Pereira [2]; Erika da Costa Fernandes[2]

[1] Estudante de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 Km 7 Seropédica-RJ 23890-000, brisa_lima2@hotmail.com; [2] Estudante de Doutorado; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; [3] Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## INTRODUÇÃO

O arroz é uma cultura de importância socioeconômica no Brasil e no mundo, essencial para a segurança alimentar da metade da população mundial (CONAB, 2019). Diante da qualidade nutricional dos seus grãos faz-se fundamental o uso de técnicas de adubação que melhorem o desenvolvimento das plantas e avanços na produtividade.

O território brasileiro é maioritariamente constituído por solos tropicais altamente intemperizados e nesses solos o processo de humificação pode ser prejudicado, por diminuir a condensação dos anéis e a biossíntese das substâncias húmicas (ROSA et al., 2017). Diante das complexas interações das SH nos solos tropicais, a adubação foliar torna-se uma estratégia alternativa de manejo para maximizar o rendimento das culturas.

A principal evidência de atividade biológica das SH é a indução de raízes laterais e há registros da ocorrência do crescimento radicular mediante aplicação foliar (HERNÁNDEZ et al., 2018; SANI, 2014).

Para aumentar a eficiência da aplicação foliar são adicionadas às caldas, adjuvantes surfactantes capazes de alterarem as propriedades de superfície dos líquidos, aumentar a retenção da aspersão e a penetração por aumentar a área de contato com a folha através de maior espalhamento da gota (VARGAS; ROMAN, 2006).

São poucos os estudos sobre a adubação foliar com substâncias húmicas, especialmente os métodos de aplicação e a combinação com surfactantes. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o uso de surfactante na aplicação foliar de substâncias húmicas em plantas de arroz (var. Piauí).

## MATERIAL E MÉTODOS

As frações humificadas utilizadas foram extraídas de vermicompostagem de esterco bovino, confeccionado de acordo com Oliveira (2011). Os ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF) foram isolados e purificados como recomendado pela Sociedade Internacional de Sustâncias Húmicas (IHSS, 2013).

As sementes de arroz da variedade Piauí foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio 2,5% e tratadas com etanol 70%, em seguida, lavadas com água deionizada e postas para germinar. Aos quatro dias após a germinação (DAG) as plântulas receberam solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) modificada

com ¼ da força iônica (FI), trocadas a cada 3 dias. Aos 10 DAG as plântulas foram transferidas para vasos de 1L e receberam solução com ½ da FI, mantida nesta FI até o fim do experimento.

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento no departamento de solos, Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Na câmara de crescimento, as plantas foram submetidas a fotoperíodo de 14h/10h (luz/escuro) com luminosidade de 360µmol $m^{-2}.s^{-1}$ (fluxo de fótons fotossintéticos), umidade relativa do ar de 60% e temperatura 28ºC/24ºC (diurna/noturna).

As plantas foram cultivadas em vasos de 1L, contendo quatro plantas/vaso, sendo um vaso equivalente a uma unidade experimental. Aos 10 DAG, foram pulverizadas na parte aérea das plantas AH à 60 mg $L^{-1}$ e AF à 700 mg $L^{-1}$, acrescidos ou não do surfactante Agral® à 0,3 ml $L^{-1}$, de acordo com as recomendações do fabricante.

O experimento foi inteiramente casualizado em delineamento 6x5, sendo seis tratamentos (controle absoluto, controle apenas com surfactante, AH+surfactante, AF+surfactante, AH, AF,) e cinco repetições. Aos 16 DAG as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raiz, encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas para análises.

As raízes foram conservadas em etanol 50% para escaneamento. As raízes foram uniformemente distribuídas em uma lâmina de água em uma bandeja de acrílico transparente (30 cm × 20 cm) para digitalização em resolução de 600 dpi mm com o software WinRhizo Arabdopsis. Após obtenção das imagens, o material vegetal foi seco em estufa de circulação de ar à 60ºC até atingir massa constante, e pesado para obtenção da massa seca.

Após a quantificação dos dados foram obtidos o comprimento total de raízes (mm) e comprimento de raízes (mm) por classes: [≥0,5], [0,5 a 1,5] e [1,5 a 3,0]. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito, através do software estatístico R e as médias foram comparadas pelo teste de "Dunnet (P<0,05)".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apontam uma redução de massa seca em plantas submetidas à aplicação foliar de substâncias húmicas com surfactante. O teste Dunnet aplicado, com intervalo de confiança de 95%, distingue os demais tratamentos do controle (Figura 1).

A diferença acusada pelo teste estatístico se refere à redução de massa, com valores médios inferiores às plantas que não receberam aplicação de surfactante. Mesmo em plantas submetidas apenas a aplicação foliar de SH, houve declínio nos valores médios de massa seca de raiz, da parte aérea e a massa seca total quando comparadas às plantas controle.

Houve aumento de comprimento radicular total em plantas submetidas a aplicação foliar de AH e AF e a redução significativa do comprimento total para aquelas que receberam aplicação de substâncias húmicas adicionadas do surfactante (Figura 2). Observa-se que este incremento está principalmente influenciado por raízes muito finas de até 1,5 mm.

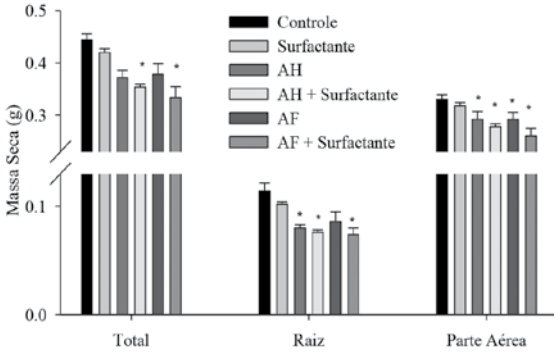



Figura 1. Massa seca de plantas de arroz sob aplicação foliar de substâncias húmicas adicionadas ou não de surfactante.

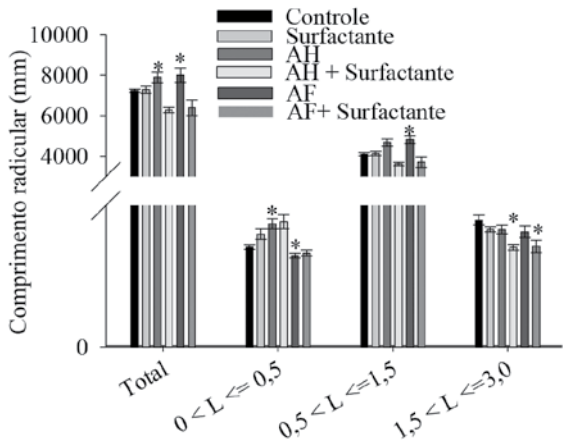



**Figura 2.** Comprimento total e das classes de diâmetro radicular de plantas de arroz sob aplicação foliar de substâncias húmicas adicionadas ou não de surfactante.

A capacidade das SH de influenciar o comprimento radicular já foi demostrada na literatura para aplicações via contato radicular (CANELLAS; OLIVARES, 2014; GARCÍA et al., 2019) estes resultados apontam o aumento do comprimento radicular sob aplicação via contato foliar.

Existe a possibilidade da molécula que compõe o surfactante, o Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol interagir com os ácidos húmicos e fúlvicos, mesmo sendo uma substância não iônica e o produto desta reação pode estar impedindo ou reduzindo a eficiência na retenção da aspersão. Isto pode ser baseado na alta capacidade de interação das substâncias húmicas com compostos fenólicos e álcoois. Além disso, os dados mostram que em plantas aspergidas apenas com surfactante não houve diferença estatística do controle, reforçando que há uma interação entre as substâncias (Surfactante e SH), e neste estudo foram deletérias paras as plantas.

## CONCLUSÕES

O uso de surfactante associados a substâncias húmicas na aplicação foliar reduz a massa seca e o comprimento radicular de plantas de arroz (var. Piauí).

A aplicação foliar de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos promove o aumento do comprimento radicular total de plantas de arroz (var. Piauí).

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq, à CAPES, à Faperj, à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo e ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas.

## REFERÊNCIAS

Canellas LP, Olivares FL. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chem Biol Technol Agric. 2014,1:1–11.

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos sétimo levantamento, abril/2019. [Acessado em: 3 ago. 2019]. Disponível em: http://www.conab.gov.br/.

CRAN. R-3.5.1 for Windows (32/64 bit). 2018. [Acessado em: 15 de nov. 2018]. Disponível em: https://cran.r-project.org/bin/windows/base/.

García AC, Castro TAV, Santos LA, Tavares OCH, Castro RN, Berbara RLL, García-Mina JM. Structure– Property–Function Relationship of Humic Substances in Modulating the Root Growth of Plants: A Review. Journal of Environmental Quality. 2019. p. 1622-1632.

Hernández R, Robles C, García AC, Guridi F, Reynaldo IM, González D. Efectos anti estrés de ácidos húmicos de vermicompost en dos cultivares de arroz (Oryza sativa. L). Cultivos Tropicales, v. 39, n. 2, 2018. p. 6574.

Hoagland DR, Arnon DI. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural of Experimental Station Bull, v. 347, 1950, p. 1-32.

International Humic Substances Society - IHSS,

2013. [Acessado em: 15 mai. 2019]. Disponível em: https://humic-substances.org/.

Oliveira EAG. Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido [dissertação]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.

Rosa DM, Nóbrega LHP, Mauli MM, Lima GP, Pacheco FP. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. Revista Ciência Agronômica, 2017. v. 48, n. 2, p. 221230.

Sani, B. Foliar application of humic acid on plant height in canola. APCBEE procedia, v. 8, 2014, p. 82-86.

Vargas L, Roman ES. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p.

Winrhizo arabidopsis. Régent Instruments, Quebec, Canadá Inc., 2012.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Variabilidade Espaço-Temporal da Demanda por Calcário e suas Relações com os Atributos do Terreno.

Lucas Nascimento Brum[1]; Julio César Wincher Soares[2]; Daniel Nunes Krum[3]; Higor Machado de Freitas [4]; Otávio Ladislau Garcia Medeiros[5]; Thaynan Hentz de Lima[5]; Fernanda Soares Vezzosi[5]; Thuanny Malavolta Couceiro[5]; Bianca Guse Vieira[5].

[1]Engenheiro Agronomo, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97711-500, Lucasbrum13@hotmail.com; [2]Professor Dr., Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago; [3] Mestrando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [4] Mestrando em Ciência do Solo (Universidade Federal de Santa Maria); [5] Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago.

## INTRODUÇÃO

O manejo do solo altera as suas propriedades químicas, físicas e biológicas, em relação a solos não cultivados, como aqueles encontrados sob campos nativos. Práticas de manejo conservacionistas do solo contribuem com melhorias na qualidade das suas propriedades, isto de forma gradativa, até chegar a uma fertilidade ideal. Em contrapartida, um manejo inadequado pode culminar na degradação do solo através de processos erosivos, de mudanças de uso e ocupação das terras, gerando uma redução significativa na sua fertilidade (LEITE et al., 2010). A erosão do solo pode expor horizontes subsuperficiais, que em geral são mais ácidos. A acidez do solo é um dos fatores de maior influência na produtividade agrícola, a elevada concentração de alumínio trocável ($Al^{3+}$), constitui um fator limitante para o desenvolvimento radicular, diminuindo a absorção de nutrientes (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

Conforme Ernani (2008), a acidez potencial do solo é constituída pelo somatório de todas as fontes de $H^+$ que existem em seus componentes sólidos, principalmente, o alumínio trocável e os grupos funcionais orgânicos e inorgânicos. Sendo, portanto, proporcional aos teores de alumínio, argila e de matéria orgânica existentes, determinante na necessidade de calagem.

Em solos cultivados, a acidez pode ser acentuada por conta da absorção dos cátions básicos pelas culturas, com exportação via colheitas.

Através dos atributos do terreno (AT), extraídos do modelo digital de elevação (MDE) é possível estabelecer uma relação mais localizada do comportamento das propriedades relacionadas a demanda por calcário e assim, entender suas relações na paisagem.

Para aplicações agrícolas, torna-se necessário o estudo da variabilidade espaço-temporal das propriedades químicas do solo, utilizando técnicas aplicadas à variáveis regionalizadas, podendo estas, serem simuladas por meio da geoestátistica (VIEIRA, et al., 1983; VIEIRA, 2000), resultando na elaboração de mapas acurados para as bases de informação dos setores de produção (McBRATNEY et al., 1986).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da demanda por calagem e suas correlações com a geomorfologia de uma catena do Pampa, cultivada com soja, em cinco anos de monitoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, Estado do Rio Grande do Sul, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais 705.589 E e 6.769.112 S (UTM SIRGAS2000, zona 21S).

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático que predomina é o Cfa, subtropical úmido com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo demonstra feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 m.

Foi avaliada uma catena de 1,17 ha, ocupada em 2016 por campo nativo, o qual estava estabelecido há mais de três décadas. Em 2017, foi inserida a cultura da soja sob plantio convencional, a partir de 2018 foi adotado o sistema conservacionista visando a migração para o sistema de plantio direto. Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), a área de estudo é formada por Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos.

Foram coletadas amostras deformadas em 52 pontos de prospecções, nos diferentes momentos do estudo, numa malha com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0 – 20 cm. Para locação dos pontos foi utilizado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Real Time Kinematic).

O cálculo de necessidade de correção foi baseado no pH SMP, conforme a recomendação para o primeiro ano de correção. Para os anos seguintes, a recomendação foi realizada através da equação polinomial, baseando-se nos teores de matéria orgânica e alumínio (pH desejado: NC=0,653+0,480MO+1,937Al), como recomendado para solos de baixo poder tampão, assim como é prescrito pela CFSRS/SC (2016).

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi extraído de um Modelo Digital de Elevação (MDE), a declividade e o Fator LS. A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Wilson e Gallant (2000) e, Dlugoβ (2011).

Posteriormente, no software ArcGIS® 10.5.1, foram elaborados mapas utilizando o algoritmo preditor de krigagem ordinária, demonstrando um maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de extrema importância para a qualidade do estudo.

Para analisar a correlação entre a demanda por calcário e os AT, utilizou-se 160 casos extraídos dos diferentes planos digitais e procedeu-se com a análise de correlação de Pearson ($p<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às análises estatísticas descritivas apresentaram distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p<0,01$) (Tabela 1).

Tabela 1. Analise estatística descritiva e teste de normalidade para a demanda por calcário dos solos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja.

| Ano | Casos | Mín. | Máx. | Méd. | CV (%) | K-S | SIG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2016 | 52 | 7,74 | 10,24 | 8,85 | 0,59 | 0,78 | 0,56 |
| 2017 | 52 | 3,30 | 11,56 | 6,83 | 1,92 | 1,10 | 0,17 |
| 2018 | 52 | 3,95 | 12,46 | 6,95 | 1,84 | 1,07 | 0,20 |
| 2019 | 52 | 4,46 | 16,27 | 9,53 | 2,84 | 0,97 | 0,29 |
| 2020 | 52 | 1,85 | 9,11 | 4,96 | 1,59 | 1,07 | 0,19 |

t/ha: toneladas por hectare, Mín: Mínima, Máx: Máxima, Méd: Média, CV: Coeficiente de variação, K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov, SIG: Significância.

Comforme a tabela 2, os dados de demanda por calcário ajustaram a diferentes modelos, com alcances superiores a malha amostral e erros experimentais nulos ou inexpressivos.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a demanda por calcário dos solos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja.

| Parâmetros | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo | Sta. | Gau. | Gau. | Sta. | Exp. |
| Alcance | 138,73 | 170,26 | 25,53 | 19,47 | 36,53 |
| Patamar | 1,27 | 14,30 | 2,32 | 8,95 | 2,46 |
| Pepita | 0,00 | 3,20 | 0,98 | 2,19 | 0,00 |
| M | 0,01 | 0,05 | -0,05 | -0,03 | -0,01 |
| RMS | 0,90 | 2,02 | 1,58 | 3,26 | 1,27 |
| MS | 0,02 | 0,02 | -0,02 | -0,00 | -0,00 |
| RMSS | 1,00 | 1,01 | 0,97 | 0,98 | 0,93 |
| ASE | 0,91 | 2,00 | 1,64 | 3,32 | 1,38 |

Sta: Stable. Gau: Gaussiano. Exp: Exponencial. M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média
Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão.

Em 2016, sob campo nativo, a demanda por calagem apresentou correlação espacial com a elevação e fator LS, sendo que as maiores demandas por calcário ocorreram nas cotas mais elevadas da catena. Já as menores demandas por calcário foram observadas nos sítios com solos mais profundos.

Em 2017, após a inserção da soja com preparo convencional do solo, com a aplicação e incorporação do calcário, seguida pela redistribuição do solo, a maior demanda por calagem foi observada nas cotas inferiores da catena, sob maior declividade e maior propensão as perdas de solo, e esse padrão foi observado nos demais anos de monitoramento; corroborando com os valores encontrados por Cogo et al. (2003), o qual observou a ocorrência de maiores perdas de solo no sistema de plantio convencional. Logo, a perda de bases do solo também passou a ser menor a partir deste momento.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson para a demanda espaço-temporal por calcário e os atributos do terreno, numa catena de solos do Pampa.

| Propriedade | Decl | MDE | LS |
|---|---|---|---|
| Calcário (t.ha$^{-1}$) - 2016 | -0,110 | 0,573 | -0,232* |
| Calcário (t.ha$^{-1}$) - 2017 | 0,656* | -0,888* | 0,721 |
| Calcário (t.ha$^{-1}$) - 2018 | 0,521* | -0,745* | 0,549* |
| Calcário (t.ha$^{-1}$) - 2019 | 0,480* | -0,666* | 0,519* |
| Calcário (t.ha$^{-1}$)- 2020 | 0,478* | -0,800* | 0,520* |

Decl: Declividade. MDE: Modelo Digital de Elevação. LS: Fator LS. SIG: Significância ($p<0,05$).

## CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal da demanda por calcário, sob o campo nativo e posteriormente, com a cultura da soja. Observouse também, a redução da demanda por calcário.

A geomorfologia influenciou na dinâmica da demanda por calcário, ocorrendo correlações da variável com os atributos do terreno: elevação, declividade e fator topográfico (LS).

A malha amostral do presente estudo foi eficiente para a descrição das variáveis com exatidão.

## REFERÊNCIAS

Cogo NP, Levien R, Schwarz RA. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.743-753, 2003.

Dlugoβ V, Fiener P, Van Oost K, Schneider K. Model based analysis of lateral and vertical soil carbon fluxes induced by soil redistribution processes in a small agricultural catchment. Earth Surf. Process. Landforms, v. 37, p. 193 –208, 2012.

Echart CL, Cavalli-Molina S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. Ciência Rural, Santa Maria, v.31, n.3, p.531-541, 2001.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

Ernani PR. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. Lages. 2008. 230p.

Leite LFC, Oliveira FC, Araujo ASF, Galvão SRS, Lemos JO, Silva EFL. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. Australian Journal of Soil Research, v. 48, p. 258-265, 2010.

Mcbratney AB, Webster R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. European Journal of Soil Science, v.37, n.4, p.617-639, 1986.

Moreno JA. Clima do Rio Grande do Sul. Secção de Geografia. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, 1961. 42p.

Vieira SR, Hatfield JL, Nielsen DR, Biggar JW. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

Vieira SR. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais RF, Alvarez VH, Schaefer GR. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

Wilson JP.; Gallant, JC. Digital terrain analysis (Ed.). Terrain analysis: principles and applications. New York: Wiley & Sons, 2000. p. 1-27.

Figura 1. Mapas de distribuição espacial da demanda por calcário sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja.

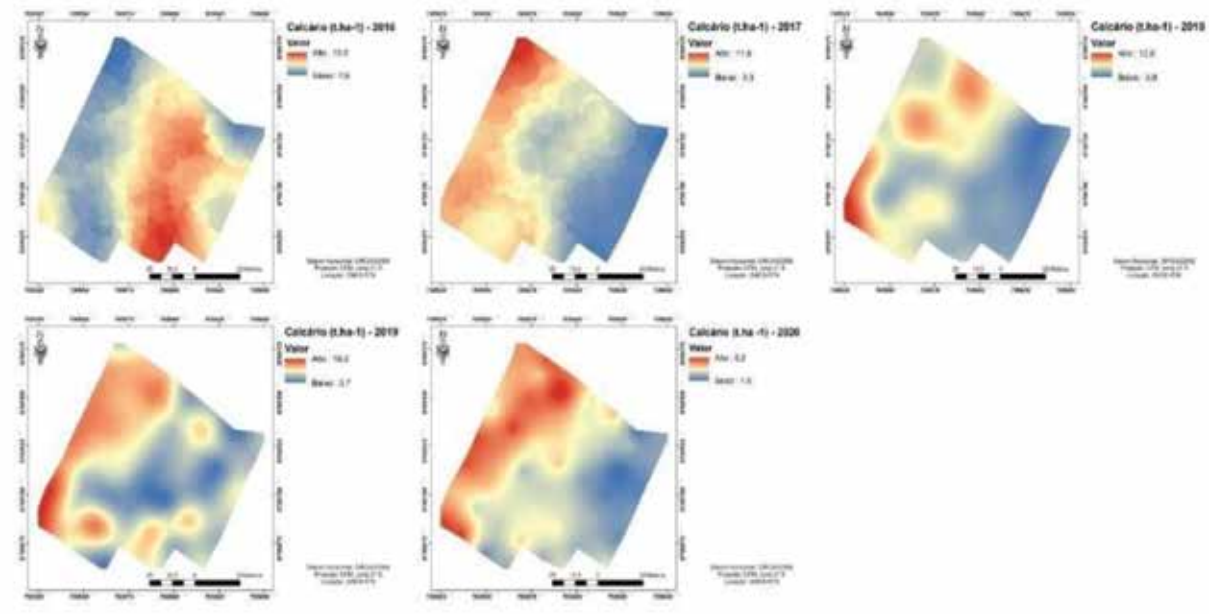
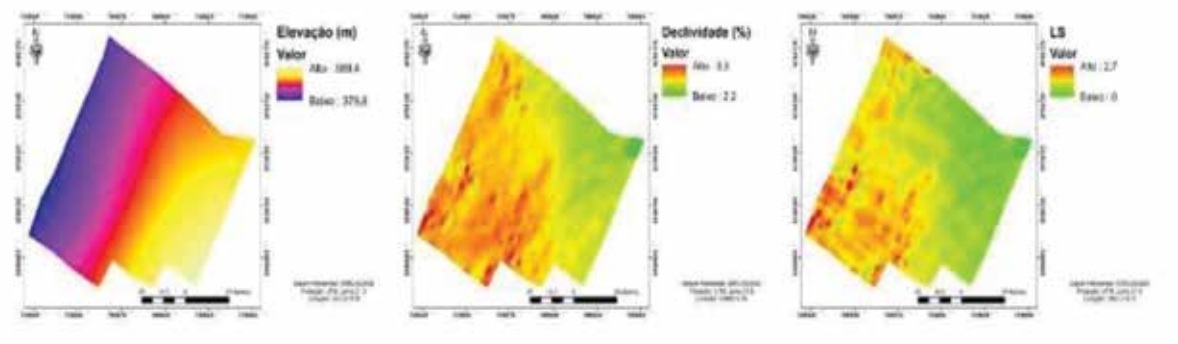


Figura 2. Mapas da distribuição espacial dos atributos do terreno, numa catena de solos do Pampa.



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Volatilização de Amônia de Diferentes Fontes de Nitrogênio e Inibidor de Urease em Pastagem de Azevém

Roberta Jeske Kunde[1]; Lucas Vasconcellos dos Santos [2]; Thais Vergara Costa[3]; Fabiano Tabaldi[4], Rogério Oliveira de Sousa[5];Filipe Selau Carlos[6]

[1] Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, (Campus Universitário, s/n, Pelotas – Rio Grande do Sul, CEP: 96160000), roberta_kunde@hotmail.com; [2]Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas; [3]Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas; [4]Engenheiro Agrônomo, Yara Brasil; [5]Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas; [6]Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.

## INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada é essencial para o aumento produtivo de forrageiras e, apesar da importância das pastagens para a pecuária, a adubação de forma adequada ainda é uma prática pouco comum, reduzindo o potencial produtivo (BENETT et al., 2008; FERREIRA et al, 2010; CHAGAS et al., 2017).

A ureia é o principal fertilizante nitrogenada utilizado nas pastagens, principalmente por ser a fonte nitrogenada com menor custo por unidade de nitrogênio. Contudo, na solubilização do grânulo ocorrem reações químicas que provocam o aumento do pH o que induz a perdas de N por volatilização de amônia ($NH_3$). Dependendo das condições de clima, essas perdas podem ser de até 40% (SANTOS, 2013).

As perdas por volatilização de amônia são dependentes das condições ambientais, como a temperatura, precipitação pluvial e a umidade do solo, principalmente, nos dias subsequentes à adubação nitrogenada de cobertura. Alguns autores têm destacado que períodos de baixa precipitação pluvial após a aplicação dos fertilizantes e baixos níveis de umidade no solo contribuem para o aumento das perdas por volatilização de amônia (VIERO et al., 2015).

Diferentes fontes nitrogenadas estão sendo utilizadas a fim de evitar perdas de N por volatilização. O nitrato de amônio pode ser uma alternativa com menor probabilidade de perda de N por $NH_3$ em função de conter um radical nítrico e outro amoniacal, onde o íon amônio permanece na forma iônica N-$NH4^+$ em vez de ser convertido a N-$NH_3$. O fertilizante nitrogenado contendo N já em formas prontamente disponível a cultura evita as reações de químicas que favorecem perdas de $NH_3$ e também reações de nitrificação que causam o aumento da acidez do solo e pode ser menos favorável ao desenvolvimento de culturas agrícolas.

Outra alternativa relevante para redução da volatilização de $NH_3$ são compostos químicos que podem inibir ação da urease e reduzir as perdas. O NBPT (tiofosfato de N-Butiltriamida) associado ao Duromide que são moléculas promissoras utilizadas para a redução da atividade da urease e podem impactam em menores perdas por volatilização de $NH_3$ (TASCA et al., 2011; CHEN et al., 2019).

Devido à escassez de dados sobre a emissão de amônia em áreas de pastagens, objetivou-se com esse trabalho quantificar a perda de N por volatilização de amônia de diferentes fontes de N com e sem inibidor de urease em pastagem de azevém.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental da Palma, pertencente à Universidade Federal de Pelotas, localizada no Município de Capão do Leão- RS, cujas coordenadas geográficas são: 31º80'06"S e 52º49'52".

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo as unidades experimentais compostas de parcelas com dimensões de 1,53m de largura e 3,5m de comprimento, totalizando uma área útil de 5,36 $m^2$ cada. Os tratamentos consistiram de diferentes fontes de nitrogênio (T1: Testemunha; T2: Ureia + NBPT + Duromide; T3: Nitrato de Amônio e T4: Ureia comum).

A semeadura do azevém foi realizada no dia 19/05/2020 utilizando-se a cultivar Winter Star 3 (PGW Sementes) na densidade de semeadura de 30 Kg/ha.). Foi feita adubação na semeadura de 24, 99 e 24 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$. Posteriormente, 15 dias após a semeadura foi aportado, à lanço, 80 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ para complementar a necessidade de potássio. A dose de N utilizada nesse ensaio foi de 160 Kg/ha e o manejo da adubação nitrogenada em cobertura se deu em dois momentos, sendo 60% aplicado em V3 no dia 02/07/2020 e os 40% restantes no dia 18/08/2020.

As coletas de volatilização de amônia foram realizadas de acordo com metodologia adaptada de Lara Cabezas et al. (1997), utilizando coletores do tipo semiaberto estático (campânulas). As campânulas foram compostas por colunas de policarbonato de 150 mm de diâmetro, com esponjas circulares de 150 mm de diâmetro e 20 mm de altura que foram alocadas internamente em alturas de 15 e 25 cm, sendo ambas saturadas com 60 mL de solução de ácido fosfórico (50 ml $L^{-1}$) e glicerina (40 ml $L^{-1}$). A esponja alocada à 15 cm foi utilizada para captura da $NH_3$ volatilizada e a esponja alocada à 25 cm foi utilizada para evitar a entrada de amônia externa à câmara de policarbonato.

A instalação das campânulas ocorreu no dia 03/07/2020 e a coleta e a reposição dessas esponjas se deram 1, 3, 6, 10 e 15 dias após a data de instalação (04/07; 06/07; 09/07; 13/07 e 17/07).

Para a determinação do N volatilizado, as esponjas foram lavadas em 500 mL de solução de KCl 1 M, extraindo-se após a lavagem uma alíquota de 20 mL desta solução para realizar a quantificação de N-$NH_3$. A quantidade de N-$NH_3$ volatilizada foi determinada por arraste de vapor, em aparelho semimicro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,05$) pelo software Winstat 2.0 (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores perdas diárias e acumuladas de volatilização de N-$NH_3$ foram observadas no T4, ou seja, quando foi feita a adubação com ureia comum. Além disso, nesse tratamento as maiores perdas de N-$NH_3$ ocorreram no 6º dia após a aplicação, atingindo picos de até 3,59 kg $ha^{-1}$ $d^{-1}$ (Tabela 1).

Ressalta-se que para os tratamentos T2 (Ureia+NBPT+Duromide) e T3 (Nitrato de Amônio), as perdas de N-$NH_3$ foram baixas até o terceiro dia, apesar das emissões de amônia começar a partir do 1º dia após a aplicação do

fertilizante nitrogenado e aumentarem de forma mais significativa a partir do sexto dia, atingindo seu pico máximo no décimo dia (0,66 e 0,62 kg $ha^{-1}$ $d^{-1}$), com posterior decréscimo dessas taxas no 15º dia após a aplicação do fertilizante nitrogenado.

Dentre os fatores que contribuem para elevar as perdas de N por volatilização podemos destacar: a manutenção do grânulo na superfície do solo associado a altas temperaturas, alta umidade relativa do ar (acima de 80%), altos valores de pH no entorno do grânulo (8,0-8,5) provenientes da liberação de hidroxilas durante o processo de hidrólise do fertilizante nitrogenado, baixos teores de matéria orgânica, reduzida capacidade de troca de cátions e baixa umidade do solo.

Adicionalmente, as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia também podem ser provenientes de adubações que favoreçam altas concentrações de N amoniacal na camada superficial do solo especialmente pela ausência ou incorporação ineficiente do fertilizante nitrogenado (PHONGPAN et al., 1995; SANTOS et al., 2019), sendo mais intensas quando doses elevadas de nitrogênio são aplicadas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (VLEK et al., 1980).

A incorporação do fertilizante nitrogenado ao solo acarreta a diminuição das perdas por volatilização em função da acidez ativa e potencial do solo minimizar a fase alcalina de dissolução do grânulo, da menor temperatura e pela ligação aos sítios de sorção da CTC do solo. Aliado à incorporação do fertilizante, a utilização de compostos químicos misturados à ureia como o NBPT e Duromide, por exemplo, diminuem a velocidade na atividade da enzima urease, pois ela ocupa o local ativo, atrasando a hidrólise da ureia e reduzindo, dessa forma a concentração de $NH_3$ presente perto da superfície do solo, permitindo desse modo a difusão do fertilizante nitrogenado para o interior do solo. Adicionalmente, a elevação do pH ao redor do grânulo do fertilizante não ocorre de maneira tão rápida em função da diminuição da hidrólise.

Com relação às perdas acumuladas de $N\text{-}NH_3$, o tratamento com ureia comum apresentou ao final do período de avaliação perda de 10,55 Kg $ha^{-1}$. Levando-se em consideração a dose de N aplicada nesse ensaio, isto equivale a cerca de 11% do N aplicado.

As menores perdas acumuladas de $N\text{-}NH_3$ foram obtidas no T3 (Nitrato de Amônio), totalizando 1,59% de N volatilizado (Tabela 1). Este resultado pode ser justificado em função do nitrato de amônio conter um radical nítrico e outro amoniacal, sofrendo menor perda por volatilização e acidificando menos o solo, quando comparado a fontes amídicas como a ureia comum.

## CONCLUSÕES

As perdas de $N\text{-}NH_3$ por volatilização foram menores quando utilizada ureia+NBPT+ Duromide e Nitrato de Amônio se comparadas ao uso da ureia convencional.

A utilização de fertilizantes nitrogenados com inibidores de urease (NBPT+Duromide) retardou o pico de volatilização em quatro dias em relação à ureia convencional.

O nitrato de amônio apresentou menores perdas acumuladas de $N\text{-}NH_3$ em relação às fontes nitrogenadas utilizadas.

As perdas percentuais de N para as diferentes fontes estudadas foram de 1,93% na testemunha, de 2,19% para Ureia + NBPT + Duromide; 1,66% para nitrato de amônio e 11% para a ureia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Agropecuário da Palma pela concessão da área experimental e à Universidade Federal de Pelotas em razão da concessão de bolsa para a primeira autora.

## REFERÊNCIAS


Benett CGS, Buzetti S, Silva KS, Bergamaschine AF, Fabricio JA. Produtividade e composição bromatológica do capim marandu a fontes e doses de nitrogênio. Ciênc. agrotec. 2008; 32:1629-1636. doi: 10.1590/S1413-70542008000500041

Chagas PHM, Gouveia GCC, Costa GGS, Barbosa WFS, Alves AC. Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. Revista de Agricultura Neotropical. 2017;4:76-80. doi: 10.32404/rean.v4i2

Ferreira RRM, Filho JT, Ferreira VM. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. Semina: Ciências Agrárias. 2010;31, 913-932.

Lara Cabezas WAR, Korndörfer GH, Motta SA. Volatilização de N-$NH_3$ na cultura de milho: Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. R Bras Ci Solo. 1997;21:481-487.

Machado AA, Conceição AR. Sistema de análise estatística para Windows. WinStat. UFPel, 2003. Versão 2.0.

Phongpan S, Freney JR, Keerthisinghe DG, Chaiwanakupt P. Use of phenylphosphorodiamidate and N-(n-butyl) thiophosphorictriamide to reduce ammonia loss and increase grain yield following application of urea to flooded rice. Fertil. Res. 1995;41:59-66. doi: 10.1007/BF00749521.

Santos LV, Weinert C, Peres MM, Lucena WF, Pacheco DS, Carlos FS. Fontes de nitrogênio e atraso na irrigação na cultura do arroz irrigado. Em: XXVIII Congresso de Iniciação Cientifica da Universidade Federal de Pelotas 2019.

Tasca FA, Ernani PR, Rogeri DA, Gatiboni LC, Cassol PC. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. R Bras Ci Solo. 2011;35:493-502.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Viero F, Bayer C, Vieira RCB, Carniel E. Management of irrigation and nitrogen fertilizers to reduce ammonia volatilization. R. Bras de Ci Solo. 2015;39:17371743.

Vlek PLG, Stumpe JM, Byrnes BH. Urease activity and inhibition in flooded systems. Fertil. Res. 1980;1:191-202. doi: 10.1007/BF01053131.

**Tabela 1.** Perdas diárias e perda acumulada de N-$NH_3$ volatilizada (Kg $ha^{-1}$) em pastagem de azevém.

| Tratamentos | Tempo após a aplicação do fertilizante (dias) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 6 | 10 | 15 |
| | ----------Perda diária de N-$NH_3$ (Kg $ha^{-1}$) ---------- | | | | |
| T1 | 0,57b | 0,16b | 0,34b | 0,66b | 0,12b |
| T2 | 0,26c | 0,16b | 0,63b | 0,66b | 0,37b |
| T3 | 0,07c | 0,19b | 0,39b | 0,62b | 0,32b |
| T4 | 0,82a | 3,42a | 3,59a | 2,12a | 0,59a |
| | ----------Perda acumulada de N-$NH_3$ (Kg $ha^{-1}$) ---------- | | | | |
| T1 | 0,57b | 0,73b | 1,05b | 1,72b | 1,85b |
| T2 | 0,26c | 0,42b | 1,07b | 1,74b | 2,10b |
| T3 | 0,07c | 0,26b | 0,70b | 1,27b | 1,59b |
| T4 | 0,82a | 4,24a | 7,83a | 9,95a | 10,55a |

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

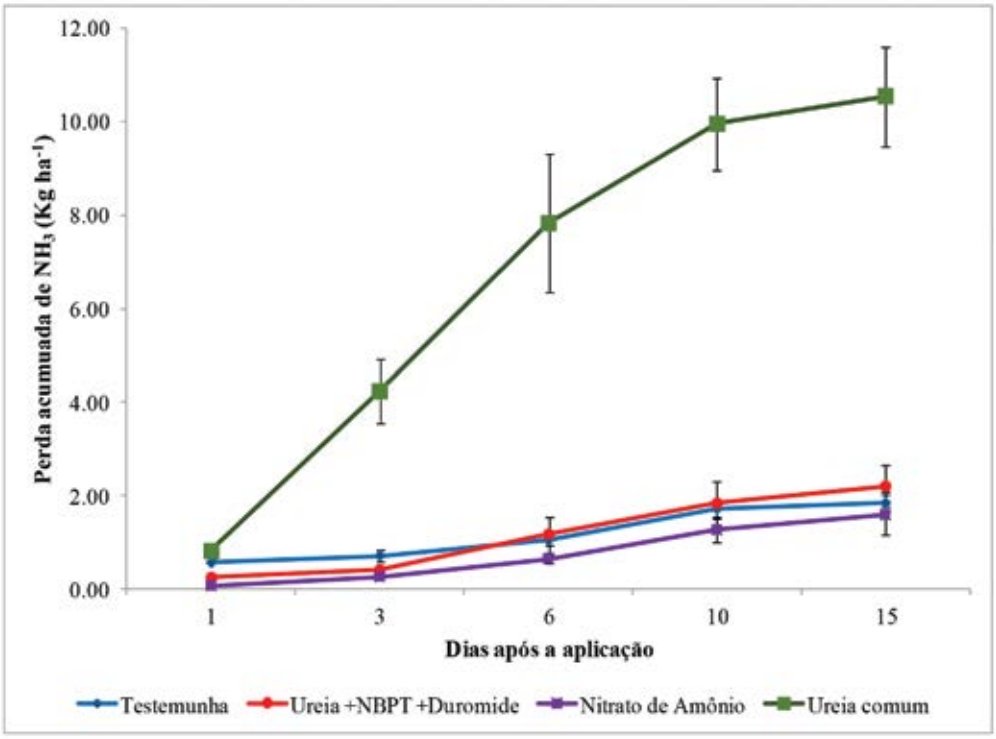



**Figura 1.** Perda acumulada de N-NH3 (Kg $ha^{-1}$) ao longo de 15 dias em pastagem de azevém.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Volatilização de $NH_3$ e rendimento do milho com aplicação de ureia com inibidor de urease e de nitrificação

Willian Macanan[1]; Gian Carlos Wendler [1]; Luan Gabriel Meneghelli Wilhelm [1]; Maria Eduarda Ossowski[1]; Mariéle Carolina Ebertz[1]; Talia Marafon[1]; Douglas Adams Weiler[2]

[1]estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, Av. Ulysses Gaboardi km 3, Curitibanos, SC, CEP 89520-000, willian.macanan@gmail.com; wendlergian@gmail.com; meneghelli.luan@gmail.com; ossowski.maria@gmail.com; marie_ebertz@hotmail.com; talia.smarafon98@gmail.com; [2]professor, Coordenadoria Especial de Ciências Biológicas e Agronômicas, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, Av. Ulysses Gaboardi km 3, Curitibanos, SC, CEP 89520-000. douglas.weiler@ufsc.br

## INTRODUÇÃO

A safra brasileira de milho deve superar os 100 milhões de toneladas em 2020, de acordo com as projeções nacionais (CONAB, 2020). Esta produção recorde está alicerçada no fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas, em especial o nitrogênio (N). O N é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do milho, e também aquele que frequentemente representa o maior custo na adubação. Em função disso, diversos trabalhos de pesquisa buscam melhorar o aproveitamento deste nutriente em diferentes locais e sistemas de produção.

O principal fertilizante nitrogenado utilizado na cultura do milho é a ureia devido ao menor custo por unidade de N. No entanto, o fertilizante apresenta alto potencial de perdas de N via volatilização de $NH_3$, especialmente quando aplicado na superfície do solo (CANTARELLA et al., 2008; PINHEIRO et al., 2018). Estudos realizados com aplicação de ureia na cultura do milho reportam perdas de N variando de 5 a 14 % do N aplicado (CANTARELLA et al., 2008). As perdas de N via volatilização podem ser ainda maiores em solos com alto teor de matéria orgânica, uma vez que estes apresentam maior atividade da enzima urease.

A incorporação da ureia no solo é uma forma efetiva de reduzir a volatilização de $NH_3$ (CANTARELLA et al., 2008), mas é uma prática que não se adere aos preceitos do plantio direto. Uma alternativa para melhorar o aproveitamento do N pela planta e reduzir as perdas por volatilização de $NH_3$ é a utilização de inibidores de urease. O inibidor de urease com maior importância econômica e comercial é o tiofosfato de N-(n-butil) triamida (NBPT). Muitos estudos relatam redução em torno de 60% na volatilização de $NH_3$, quando o NBPT é adicionado à ureia, aumentando a eficiência do N utilizado e a produtividade, o que possibilitaria uma redução das doses de ureia utilizadas (CANTARELLA et al., 2008). Alguns produtos comerciais incluem ainda um inibidor de nitrificação, como a dicianodiamida (DCD). Este produto tem como objetivo retardar a transformação de $NH_4^+$ para $NO_3^-$, mantendo o $NH_4^+$ retido temporariamente na CTC do solo. Contudo, a manutenção do N na

forma amoniacal pode favorecer as perdas de N via volatilização (CANTARELLA et al., 2018).

As variáveis edáficas e ambientais são determinantes na eficiência destes produtos em reduzir as perdas de N por volatilização de $NH_3$. Por isso, é importante que estas alternativas sejam testadas em diversos locais de modo a avaliar a viabilidade destas tecnologias. O objetivo deste trabalho foi quantificar a volatilização de $NH_3$ da ureia com e sem inibidores de urease aplicadas na superfície do solo e a produtividade do milho com estas fontes nitrogenadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na fazenda experimental agropecuária da Universidade Federal De Santa Catarina, campus de Curitibanos na safra 2019/2020. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). De acordo com Köppen o clima da região é do tipo Cfb mesotérmico úmido com verões amenos, apresentando temperatura média de 16-17ºC com precipitação média anual em torno de 1.500-1700 mm sendo bem distribuídas ao longo do ano (SDR, 2003).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: T1 – controle, sem N; T2 – ureia comum; T3 – ureia + NBPT (Uremax®); T4 – ureia + NBPT (NYield®); T5 – ureia + NBPT + DCD (Neon®). O milho (híbrido 20A44) foi cultivado sob plantio direto sucedendo a aveia preta, em densidade de 80.000 plantas $ha^{-1}$ e espaçamento entrelinhas de 0,8 m. No pré-plantio as plantas daninhas foram controladas quimicamente. Na semeadura, o milho foi fertilizado com 450 kg $ha^{-1}$ do adubo 09-33-12. A adubação de cobertura consistiu na aplicação de 120 kg N $ha^{-1}$ em dose única no estádio V4-V6, 34 dias após plantio do milho, seguindo as recomendações técnicas para SC (CQFS, 2016). A dose de N recomendada foi baseada na expectativa de rendimento de 10 Mg $ha^{-1}$. A partir da aplicação da adubação de cobertura iniciaram as avaliações de volatilização de $NH_3$.

A volatilização de $NH_3$ foi avaliada utilizando a metodologia descrita em Araújo et al. (2009) e Jantalia et al. (2012). As câmaras coletoras consistiram de garrafas do tipo PET com capacidade de 2 L. A base da garrafa foi removida para permitir sua acomodação sobre o solo e fixada na parte superior da garrafa para impedir a entrada de água de eventuais precipitações. No seu interior, o sistema coletor era constituído de uma espuma de poliuretano suspensa verticalmente por um arame galvanizado, a qual estava embebida em um frasco com 10 mL de solução de $H_2SO_4$ 1M + glicerina 4%. Os coletores foram alocados na superfície do solo logo após a aplicação dos tratamentos. As esponjas foram trocadas aos 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10 e 12 dias após a aplicação dos fertilizantes. Em cada coleta, as esponjas foram substituídas por esponjas novas contendo a mesma solução ácida.

No laboratório, as esponjas foram lavadas com 50 mL de solução KCl 1 M. Uma alíquota de 20 mL de cada amostra foi retirada para quantificação do teor de $NH_3$ em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl após a adição de 10 mL de NaOH 10, seguida de titulação com $H_2SO_4$ 0,025 N (TEDESCO et al., 1995). A $NH_3$ volatilizada em cada intervalo de avaliação foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$NH_3\ volatilizada = \left(\left(\frac{N_{esp}}{A}\right) x\ 10\right) x\ 1{,}74$$

onde: Nesp corresponde ao N capturado pela esponja; A corresponde a área ocupada pela câmara; 10 é a transformação dos valores para kg $ha^{-1}$; e 1,74 é o fator de correção da câmara (Araújo et al. 2009).

As folhas opostas e abaixo da primeira espiga do milho foram coletadas no estágio R1

(pendoamento) para determinação do teor de N. O terço central das folhas foi separado, moído e uma subamostra submetida à digestão sulfúrica em bloco digestor. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas com $H_2SO_4$ 0,050 N (TEDESCO et al., 1995). A produtividade do milho foi avaliada coletando-se as espigas de 6 plantas por parcela. As espigas foram debulhadas e os grãos secos em estufa a 65 ºC. As amostras foram pesadas e a produtividade de grãos padronizada para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de volatilização de $NH_3$ no tratamento com ureia comum foram maiores do que nos demais tratamentos nos primeiros 4 dias (Figura 1). A taxa de volatilização no tratamento ureia comum foi máxima aos 4 dias (3,7 kg N-$NH_3$ ha $^{-1}$ dia$^{-1}$). A partir dos 8 dias as taxas de volatilização de $NH_3$ não diferiram entre os tratamentos.

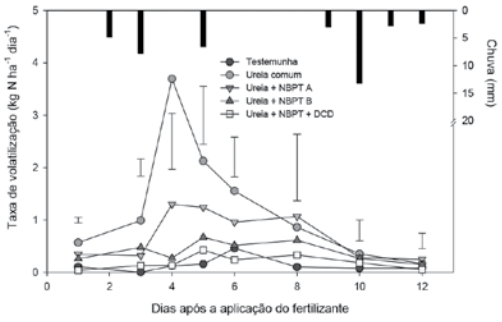



**Figura 1.** Taxa de volatilização de N-$NH_3$ (kg N ha$^{-1}$ dia$^{-1}$) após aplicação de fertilizantes nitrogenados estabilizados na cultura do milho.

Os resultados obtidos em nosso estudo estão de acordo com outros trabalhos reportados na literatura (CANTARELLA et al., 2018; PINHEIRO et al., 2018). As taxas de volatilização de $NH_3$ costumam ser maiores nos primeiros dias após a aplicação dos fertilizantes e reduzem rapidamente após a ocorrência das primeiras precipitações. A redução da volatilização de $NH_3$ após a chuva ocorre em virtude da infiltração da ureia no solo e imobilização de $NH_4^+$ nos sítios de carga do solo. Contudo, a quantidade de palha presente na superfície do solo tem sido considerada como um dos fatores que determina a quantidade de chuva necessária para incorporar completamente a ureia no solo. Pinheiro et al. (2018) observaram que após pequeno volume de chuva uma parte da ureia e $NH_4^+$ ainda permaneciam sobre a palha, situação que favorece a volatilização de $NH_3$.

A volatilização acumulada de $NH_3$ ao longo do período avaliado diferiu entre os tratamentos (Figura 2). O fornecimento de N na forma de ureia comum resultou em maiores perdas acumuladas de N, atingindo 11,46 kg N-$NH_3$ ha$^{-1}$ aos 12 dias após a aplicação do fertilizante. A perda acumulada no tratamento ureia comum representa cerca de 10% do total de N aplicado, a qual é relativamente baixa quando comparada a outros estudos na região Sul do Brasil (SILVA et al., 2017). Possivelmente, as variáveis ambientais expliquem as baixas perdas de N neste tratamento: as chuvas que ocorreram já no segundo dia após a aplicação do N e as temperaturas médias do ar amenas no período, variando de 16,2 a 21°C.

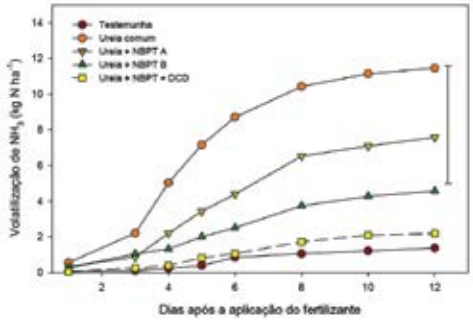



**Figura 2.** Volatilização de $NH_3$ acumulada após aplicação de fertilizantes nitrogenados estabilizados na cultura do milho.

A utilização da ureia + NBPT B e ureia + NBPT + DCD resultou em menor volatilização de $NH_3$ do que a ureia comum. Na média dos dois tratamentos, a presença de inibidor de urease reduziu a volatilização de $NH_3$ em aproximadamente 70%. A eficiência do NBPT em reduzir a volatilização de $NH_3$ foi maior do que média reportada outros estudos (PAN et al., 2016; SILVA et al., 2017). A maior diferença observada entre os tratamentos com e sem inibidor de urease pode estar relacionada às temperaturas amenas observadas logo após a aplicação dos fertilizantes. A degradação do NBPT sob temperaturas mais amenas pode levar de 10 a 15 dias (WATSON et al. 2008), o que garante a efetividade do produto até que as chuvas possam incorporar a ureia no solo.

A mesma efetividade em reduzir a volatilização de $NH_3$ não foi observada quando utilizamos a ureia + NBPT A (Figura 2). É possível que a eficiência do NBPT deste fertilizante tenha sido reduzida em função do maior período de tempo de armazenamento, desde sua produção até o momento da aplicação, quando comparado aos demais produtos. O tempo e a temperatura de armazenamento do fertilizante contendo NBPT interfere diretamente na eficiência do mesmo (WATSON et al. 2008; CANTARELLA et al., 2018).

A concentração de N nas folhas do milho não diferiu entre as fontes nitrogenadas avaliadas, mas todos os tratamentos com aplicação de N apresentaram maior teor de N do que o tratamento testemunha (Tabela 1). Liu et al. (2019) também observaram maior conteúdo de N nas folhas de milho que recebeu fertilização nitrogenada. Os autores verificaram ainda que em algumas situações o uso de inibidores de urease pode resultar em maior conteúdo de N na folha e melhor aproveitamento do nutriente pelo milho.

**Tabela 1.** Teor de N na folha e produtividade de grãos do milho sob diferentes tipos ureia (UR) estabilizada.

| Tratamento | N folha | Produtividade |
|---|---|---|
| | -- g $kg^{-1}$ -- | -- Mg $ha^{-1}$ -- |
| Testemunha | 2,99 b[(1)] | 4,18 d |
| UR comum | 5,87 a | 9,62 c |
| UR + NBPT A | 6,87 a | 12,38 ab |
| UR + NBPT B | 6,11 a | 10,40 bc |
| UR + NBPT + DCD | 6,85 a | 13,33 a |

[(1)] Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro.

Embora o conteúdo de N nas folhas não tenha diferido entre as fontes de N, o tipo de fertilizante nitrogenado afetou significativamente a produção de grãos do milho (Tabela 1). Como esperado, a adubação nitrogenada aumentou a produtividade do milho. A maior produtividade foi observada no tratamento com ureia tratada com inibidor de urease e de nitrificação, embora não tenha diferido do tratamento UR + NBPT A. Possivelmente, a presença de inibidor de nitrificação retardou a formação e impediu a migração de $NO_3^-$ no perfil do solo, para além do sistema radicular do milho. Cantarella et al. (2018), ao revisarem uma série de 96 observações, reportam um incremento de 6% no rendimento de grãos com a utilização de inibidores de urease. Em nosso estudo, o incremento na produtividade de milho quando a ureia foi tratada com algum tipo de inibidor variou de 8 a 38%. Outros estudos variando híbridos de milho, condições climáticas e doses de N devem ser realizados ainda para que possamos ter estimativas mais fidedignas do potencial destes produtos em reduzir a volatilização de $NH_3$ e aumentar as produtividades das culturas.

## CONCLUSÕES

Os inibidores de urease reduzem a volatilização de $NH_3$.

A adubação nitrogenada aumenta o teor de N nas folhas do milho.

A produtividade do milho é maior quando a fonte nitrogenada possui inibidor de urease e de nitrificação.

## AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao apoio da Fecoagro e da Viva Agro pelo fornecimento dos fertilizantes nitrogenados. Nós também agradecemos às equipes do Setor Agropecuário e do Laboratório de Química da UFSC pelo suporte técnico.

## REFERÊNCIAS

Araújo EDS, Marsola T, Miyazawa M, Soares LHDB, Urquiaga S, Boddey RM, Alves BJR (2009). Calibration of a semi-opened static chamber for the quantification of volatilized ammonia from soil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 44(7), 769-776.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC), 2016. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Soc. Bras. Cienc. Solo, Núcleo Reg. Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2020). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 7, safra 2019/2020.

Cantarella H, Otto R, Soares JR, de Brito Silva AG. (2018). Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. Journal of Advanced Research,13, 19-27.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, second ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.

Jantalia CP, Halvorson AD, Follett RF, Rodrigues Alves BJ, Polidoro JC, Urquiaga S. (2012). Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers.Agronomy Journal, 104(6), 15951603.

Liu S, Wang X, Yin X, Savoy HJ, McClure A, Essington ME. (2019). Ammonia Volatilization Loss and Corn Nitrogen Nutrition and Productivity with Efficiency Enhanced UAN and Urea under No-tillage. Scientific reports, 9(1), 1-12.

Pan B, Lam S K, Mosier A, Luo Y, Chen D. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: a global synthesis. Agriculture, Ecosystems & Environment, 232, 283-289.

Pinheiro PL, Recous S, Dietrich G, Weiler DA, Giovelli RL, Mezzalira AP, Giacomini SJ. (2018). Straw removal reduces the mulch physical barrier and ammonia volatilization after urea application in sugarcane. Atmospheric Environment, 194, 179-187.

SDR. **Curitibanos**: Caracterização Regional. 34 p, maio 2003. [Acessado em: 02 de set. de 2019]. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicaco es/diagnostico/CURITIBANOS.pdf.

Silva AG, Sequeira CH, Sermarini RA, Otto R. (2017). Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. Agronomy Journal, 109(1), 1-13.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p. 1995.

Watson CJ, Akhonzada NA, Hamilton JTG, Matthews D I. (2008). Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea.Soil Use and Management, 24(3), 246-253.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Zinco Disponível Extraído por Diferentes Métodos em Solo Arenoso Submetido a Aplicações Sucessivas de Dejetos de Animais por Doze Anos

Lucas Henrique Klock[1]; Matheus Ceolin[1]; Luana Paula Garlet[1]; Carina Marchezan[2]; Gustavo Brunetto[3]; Fábio Joel Kochem Mallmann[3]

[1] Graduando(a) do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima nº 1000, Prédio 42, Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, l.klock@hotmail.com, mceolin14@gmail.com, garleteng.florestal@gmail.com; [2] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM, marchezancarina@yahoo.com.br; [3] Professor do Departamento de Solos, UFSM, brunetto.gustavo@gmail.com, fabiojkmallmann@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

O uso de dejetos de animais na agricultura, tanto na forma líquida quanto sólida, é uma alternativa para o fornecimento de nutrientes às culturas e de descarte dos resíduos produzidos na criação dos animais. A utilização de dejetos como fonte de nutrientes por longo prazo tende a elevar o teor de nutrientes no solo, favorecendo o crescimento das plantas e potencializando o incremento da produtividade de culturas (GIACOMINI; AITA, 2008). Porém, alguns resíduos da produção pecuária, como os dejetos sólidos e líquidos de suínos, possuem na sua composição metais pesados, como o zinco (Zn), derivados de rações e medicamentos ingeridos (XU et al., 2013). Como estes elementos são absorvidos em pequenas quantidades pelas culturas agrícolas, aplicações sucessivas destes dejetos tendem a causar incremento dos teores de Zn ao longo do tempo, podendo atingir níveis tóxicos às plantas e organismos do solo (TIECHER et al., 2013), bem como causar a contaminação de águas superficiais e subsuperficiais (COUTO et al., 2015).

Por outro lado, o Zn é um micronutriente essencial às plantas, é importante na síntese de substâncias atuantes no crescimento e nos sistemas enzimáticos. Também é essencial na ativação de reações metabólicas e necessário para a produção de clorofila e formação de carboidratos (LOPES, 1995). No entanto, solos arenosos, ácidos, com baixa fertilidade natural, comumente encontrados na região sul do Brasil, são submetidos a práticas de manejo como a calagem para corrigir a acidez e aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas. Essa prática contribui para a elevação do pH, mas diminui a disponibilidade do micronutriente Zn na solução do solo (ARIAS et al., 2005).

Nesse contexto, o diagnóstico da disponibilidade de Zn no solo antes da introdução da cultura é de fundamental importância, e para isso, a análise de solo é uma ferramenta indispensável, desde que feita com o método de extração adequado. Existem diversas soluções extratoras para avaliar a disponibilidade de Zn, porém, as mais utilizadas em laboratórios de rotina são as de Mehlich-1 (MEHLICH, 1953), EDTA (LABHSETWAR; SOLTANPOUR, 1985) e HCl 0,1 mol $L^{-1}$

(TEDESCO et al., 1995), no entanto sua eficiência depende das características do solo. Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar a disponibilidade de Zn por diferentes métodos de extração, e a relação entre eles, no perfil de um solo arenoso submetido a 12 anos de aplicações sucessivas de dejetos de animais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição do experimento

O experimento de longa duração foi realizado em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. O solo no local é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico. O experimento teve início em 2004, sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições em parcelas de 25 $m^2$ (5 x 5 m). Os tratamentos foram: dejeto líquido de suínos (DLS), dejeto líquido de bovinos (DLB) e cama sobreposta de suínos (CSS).

O DLS e o DLB foram coletados em reservatórios anaeróbicos de propriedades típicas suinícolas e de bovinocultura leiteira, respectivamente. Esses dejetos eram compostos por fezes, urina, restos alimentares e água de lavagem das instalações. A CSS foi proveniente do setor de suinocultura da UFSM e composta por resíduos de beneficiamento de arroz (casca), fezes, urina e restos alimentares.

Entre os anos de 2004 e 2009, os dejetos foram aplicados antes da semeadura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). A partir do ano de 2010, as aplicações foram realizadas duas vezes ao ano, antecedendo a semeadura da cultura de verão e inverno, com as seguintes sucessões: em 2010/11 e 2011/12 foi cultivado milho e aveia preta, em 2012/13 milho e feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), em 2013/14 e 2014/15 trigo (*Triticum* spp.) e milho, e em 2015/16 aveia preta e milho.

A dose de dejeto aplicada em cada momento ao longo dos 12 anos de condução do experimento foi estabelecida com base na exigência de nitrogênio (N) de cada cultura. Para isso, foi considerado o teor de matéria orgânica do solo, o teor de N e os índices de eficiência de cada dejeto, de acordo com a recomendação oficial (CQFS-RS/SC, 2016).

### Amostragem e análises laboratoriais

Em junho de 2016, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 4, 4 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40 e 40 a 50 cm. Para isso, em cada parcela foram abertas duas trincheiras com dimensões de 40 x 40 x 40 cm. Em cada trincheira, duas amostras de solo foram coletadas, uma no sentido longitudinal e outra no sentido transversal à linha de semeadura. O solo foi seco ao ar, moído e passado em peneira com malha de 2 mm.

As determinações de Zn disponível foram realizadas após a extração com quatro soluções extratoras diferentes: Mehlich-1 (HCl 0,05 mol $L^{-1}$ + $H_2SO_4$ 0,0125 mol $L^{-1}$) e HCl 0,1 mol $L^{-1}$ como extratores ácidos (TEDESCO et al., 1995); Mehlich-3 ($CH_3COOH$ 0,2 mol $L^{-1}$ + $NH_4NO_3$ 0,25 mol $L^{-1}$ + $NH_4F$ 0,015 mol $L^{-1}$ + $HNO_3$ 0,013 mol $L^{-1}$ + EDTA 0,001 mol $L^{-1}$) (MEHLICH, 1984) e $Na_2$-EDTA (LABHSETWAR; SOLTANPOUR, 1985) como agentes complexantes. Os teores de Zn dos extratos foram determinados por espectroscopia de absorção atômica.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito no item material e métodos. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si nas seis camadas por meio do teste de "Tukey ($P<0,05$)".

Foram também realizadas análises de regressão linear entre os resultados dos métodos de extração, comparados de dois em dois.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos sob aplicação de dejetos suínos apresentaram os maiores incrementos de Zn no solo (Tabela 1), independente da solução extratora. Isso pode ser explicado pela adição de Zn em grandes concentrações nas rações fornecidas aos suínos, servindo como aditivo alimentar, do qual 92 a 96% é eliminado nos dejetos desses animais (BONAZZI et al., 1994), tornando-os assim ricos em Zn. Entretanto, as concentrações de Zn no solo sob adição de CSS foi superior à do tratamento DLS nas duas camadas superficiais, porque a dose de dejeto aplicada ao solo foi baseada no teor de N, que na CSS é proporcionalmente menor que no DLS, pois durante o uso da cama sobreposta nas instalações ocorrem perdas por volatilização e lixiviação deste nutriente. Já no solo com o tratamento DLB, os incrementos nos teores de Zn em relação ao solo testemunha foram muito menores porque a concentração deste elemento nas rações dos bovinos é muito menor que na dos suínos, além da ração ser constituinte de menos de 30% do total da alimentação dos bovinos, enquanto que para os suínos é de 100% ou quase isso.

Também é possível observar que o incremento nos teores de Zn ocorre somente nas camadas superficiais (até 20 cm de profundidade). Isso ocorre pela alta afinidade do Zn com as superfícies reativas da fase mineral do solo, o que limita sua movimentação no perfil do solo. Por isso, as sucessivas aplicações de altas doses de dejetos suínos em áreas agrícolas no longo prazo podem ocasionar acúmulo expressivo de Zn na camada superficial do solo, potencializando impactos ambientais adversos como a contaminação dos cursos d'água (MALLMANN, 2013).

Os métodos utilizados para extração de Zn no solo apresentam comportamento semelhantes, pois as regressões lineares entre os teores de Zn extraídos pelos quatro métodos apresentaram $R^2$ altos, acima de 0,96, em todas as combinações entre eles (Figura 1). Entretanto, as capacidades de extração de Zn dos extratores ácidos Mehlich-1 e HCl 0,1M foram maiores que as dos extratores complexantes. Isso pode ser observado nos ajustes das equações de regressão entre os resultados dos quatro métodos (Figura 1), nos quais o coeficiente angular entre os métodos ácidos é próximo de 1,0 (0,92), enquanto que no ajuste de Mehlich-3 e EDTA em relação ao Mehlich-1 esses valores são menores que 0,8 (0,79 e 0,56, respectivamente).

Tabela 1. Teores médios (mg $kg^{-1}$) de Zn disponível, extraídos por quatro métodos, em seis camadas do solo do experimento após 12 anos sob aplicações de dejeto líquido de bovinos (DLB), dejeto líquido de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS) e na testemunha (n = 4 repetições).

| Camada (cm) | Tratamento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CSS | DLS | DLB | Test |
| | ---------- Mehlich-1 ---------- | | | |
| 0 - 04 | 35,75 a* | 14,36 b | 11,99 c | 2,60 d |
| 04 - 10 | 18,93 a | 8,05 b | 5,44 c | 1,29 d |
| 10 - 20 | 3,51 a | 3,14 a | 1,67 b | 0,60 b |
| 20 - 30 | 0,23 a | 0,64 a | 0,52 a | 0,14 a |
| 30 - 40 | 0,17 a | 0,19 a | 0,53 a | 0,38 a |
| 40 - 50 | 0,01 a | 0,08 a | 1,88 a | 0,07 a |
| | ---------- Mehlich-3 ---------- | | | |
| 0 - 04 | 19,26 a | 9,18 b | 9,47 b | 2,40 c |
| 04 - 10 | 9,85 a | 7,14 b | 4,89 b | 1,15 c |
| 10 - 20 | 1,65 a | 2,29 a | 1,49 a | 0,49 a |
| 20 - 30 | 0,23 a | 0,43 a | 0,40 a | 0,30 a |
| 30 - 40 | 0,27 a | 0,15 a | 0,30 a | 0,23 a |
| 40 - 50 | 0,04 a | 0,19 a | 0,06 a | 0,17 a |
| | ---------- HCl 0,1M ---------- | | | |
| 0 - 04 | 32,56 a | 13,24 b | 10,72 c | 2,34 d |
| 04 - 10 | 17,33 a | 6,61 b | 5,32 b | 0,87 c |
| 10 - 20 | 2,55 a | 2,41 a | 1,52 a | 0,29 b |
| 20 - 30 | 0,24 a | 0,53 a | 0,35 a | 0,10 a |
| 30 - 40 | 0,12 a | 0,16 a | 0,18 a | 0,01 a |
| 40 - 50 | 0,00 a | 0,03 a | 0,04 a | 0,04 a |
| | ---------- EDTA 0,01M ---------- | | | |
| 0 - 04 | 28,56 a | 11,71 b | 8,67 c | 2,76 d |
| 04 - 10 | 14,99 a | 7,07 b | 4,22 c | 1,34 d |
| 10 - 20 | 2,15 a | 2,36 a | 1,29 b | 0,50 b |
| 20 - 30 | 0,37 a | 1,00 a | 0,70 a | 0,17 a |
| 30 - 40 | 0,25 a | 0,44 a | 0,42 a | 0,15 a |
| 40 - 50 | 0,20 a | 0,42 a | 0,35 a | 0,18 a |

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Uma vez que o Zn é adsorvido preferencialmente da fração mineral do solo, a utilização de extratores ácidos pode ter proporcionado a dissolução de parte do Zn associado ao complexo de troca, carbonatos, óxidos de ferro e manganês. Segundo Galrão (1995), extratores ácidos teriam maior eficácia de extração em solos mais ácidos e extratores complexantes em solos mais alcalinos. Como o solo deste estudo possui pH levemente ácido, menor que 6,0, os teores de Zn disponível pelos extratores ácidos são mais representativos em relação aos extratores complexantes.

## CONCLUSÕES

A adição de CSS proporcionou maior incremento nos teores de Zn no solo em relação ao tratamento testemunha, seguido por DLS e DLB.

Os incrementos de Zn no solo em função da aplicação de dejetos animais foram significativos somente até 20 cm de profundidade.

Os métodos de extração ácidos, Mehlich-1 e HCl 0,1 mol $L^{-1}$, apresentam maior capacidade de extração que os métodos complexantes, Mehlich-3 e EDTA, neste solo levemente ácido.

## REFERÊNCIAS

Arias M, Pérez Novo C, Osorio F, López E, Soto B. Adsorption and desorption of copper and zinc in the surface layer of acid soils. Journal of Colloid and Interface Science, New York, v. 288, n. 1, p. 21-29, 2005.

Bonazzi G, Cortellini L, Piccinini S. Presenza di rame i zinco nei liquami suinicoli e rischio di contaminazione dei suoli. L'Informatore Agrario, v. 36, p. 55-59, 1994.

Couto RR, Lazzari, CJR, Trapp T, De Conti L, Comin, JJ, Martins SR, Belli Filho P, Brunetto G. 2015. Accumulation of copper and zinc fractions in soil following the application of pig slurry for three to thirty years in a microwatershed of southern Brazil. Arch. Agron. Soil Sci. 62, 593–616.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

Galrão EZ. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. R. Bras Ci Solo. 1995; 19:255-260.

Giacomini SJ, Aita C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. R. Bras Ci Solo. 2008; 32-1:195-205.

Labhsetwar VK, Soltanpour PNA. Comparison of $NH_4HCO_3$-DTPA, $NaHCO_3$, $CaCl_2$ and $Na_2$-EDTA soil tests phosphorus. Soil Sci Soc Am J. 1985; 49:1437-40.

Lopes AS. International soil fertility manual. Potash & Phosphate Institute. 1995; 2: 98-100.

Mallmann FJK. Modelagem da transferência de cobre e zinco em solos contaminados por dejeto líquido de suínos. 2013. 104 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

Mehlich A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 15:1409-1416, 1984.

Mehlich A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH4 by North Carolina Soil Testing Laboratories. Raleigh, University of North Carolina, 1953.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H,Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Tiecher TL, Ceretta CA, Comin JC, Girotto E, Miotto A, Moraes MP, Benedet L, Ferreira PAA,

Lorenzi CR, Couto RR, Brunetto G. 2013. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy Typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. R. Bras. Ci. Solo. 37:812-824.

Xu Y, Yu W, Ma Q, Zhou H. 2013. Accumulation of copper and zinc in soil and plant within ten-year application of different pig manure rates. Plant Soil Environ. 11: 492–499.

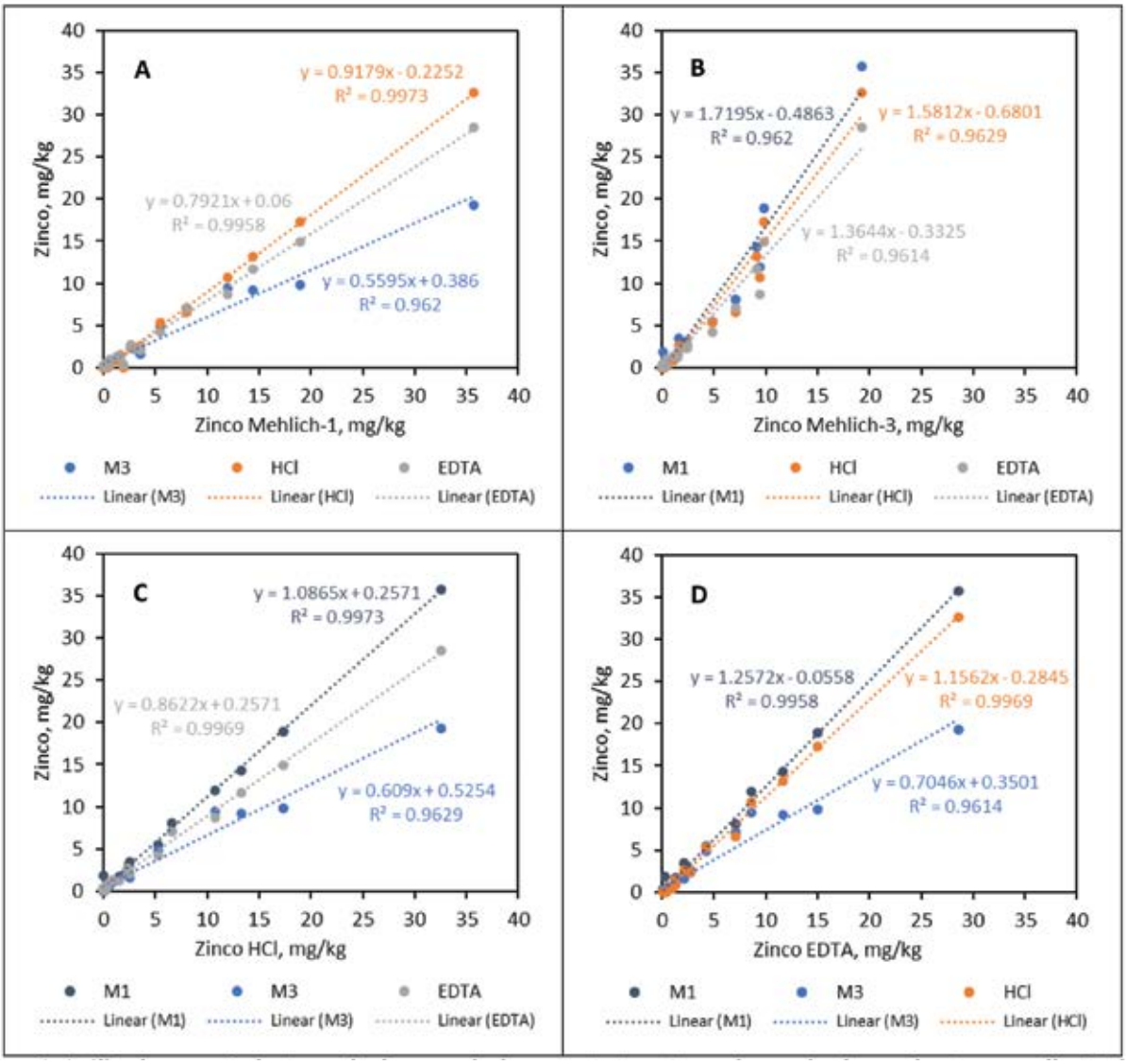



Figura 1. Análise de regressão dos teores de zinco no solo dos quatro tratamentos e seis camadas do experimento com aplicação de fontes orgânicas sobre um Argissolo extraídos por diferentes métodos, comparando os resultados de Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), HCl 0,1M (C) e EDTA 0,01M (D) com cada um dos outros três extratores.

Seção 4

# Física do solo



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos físicos do solo em área com diferentes forrageiras (*Panicum e Brachiaria*) no Cerrado

Camila dos Santos Ferreira[1]; Izabely Alves Lopes[2]; Anderson Lopes Alves Júnior[3]; Rose Luiza Moraes Tavares[4]

[1]Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal - Universidade de Rio Verde - UniRV, Rua Major Rocha, 543, Vila Rocha, Rio Verde – GO, 75905-851, camilastferreira@outlook.com; [2]Estudante de Agronomia, UniRV; [3]Estudante de Agronomia, UniRV; [4]Professora da Faculdade de Agronomia, UniRV.

## INTRODUÇÃO

O uso intensivo das áreas da região do Cerrado associadas a práticas de manejo inadequadas, acarretam em uma série de fatores, tais como, a degradação da estrutura do solo, que influencia de maneira negativa o desenvolvimento vegetal (STONE; GUIMARÃES, 2005).

Ademais, a monocultura é uma prática ainda perceptível na região do Cerrado. Em determinadas áreas, após as culturas de verão, nem sempre são possíveis ou mesmo do interesse do produtor fazer o cultivo de segunda safra, mantendo assim, as áreas em pousio.

Nessa perspectiva, conforme o cultivo, faz-se necessário a implantação de forrageiras com o intuito de fornecer melhor ambiente físico ao solo, durante a entressafra.

As forrageiras apresentam bom desenvolvimento radicular auxiliando no incremento de carbono no solo, ciclagem de nutrientes e na descompactação. A inclusão de pastagens melhora os aspectos físicos do solo, em razão da presença de um denso sistema radicular atuando na formação de poros no solo (MARCHÃO, 2007).

Gramíneas como *Brachiaria* e *Panicum*, normalmente ostentam um vasto sistema radicular que auxiliam na melhora da qualidade física do solo, em função de promoverem boa estruturação com formação de agregados estáveis e macroporosidade, proporcionando o desenvolvimento radicular da cultura posterior (SALTON; TOMAZI, 2014).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos físicos do solo em áreas com forrageiras do gênero *Panicum* e *Brachiaria*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido a campo no Instituto de Ciência e Tecnologia da COMIGO, em Rio Verde/GO. Com coordenadas geográficas 17º 76' 75.30" Sul e 51º 03' 54.23" Oeste. Solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2013).

Para realização do experimento, foram plantadas onze espécies de forrageiras, sendo sete espécies do gênero *Brachiaria* e quatro do gênero *Panicum*.

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso (DBC), com 11 variedades e 3 repetições, totalizando 33 parcelas.

Antecipadamente ao cultivo das gramíneas, a área foi revolvida e recebeu o incremento de 2t $ha^{-1}$ de calcário e o plantio das forrageiras procedeu- se através do método a lanço.

Durante o plantio, o solo foi adubado com 50 kg $ha^{-1}$ de $K_2O$ (KCl) + 60 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ (MAP). Posteriormente, houve a realização da adubação de manutenção, onde foram aplicados em cobertura: nitrogênio, potássio, micronutrientes e enxofre. A dosagem utilizada para nitrogênio (N) e potássio (K) foi de 200 kg $ha^{-1}$ (divididos em 4 aplicações de 50 kg $ha^{-1}$ aplicados sempre após o corte usando como fonte a formulação 20-00-20 + 40 kg $ha^{-1}$ de S (45 kg/ha de Sulfurgran) + 100 kg $ha^{-1}$ de FTE BR12.

As forrageiras usadas para estudo foram: BRS Paiaguás (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás); BRS Ipyporã (*Brachiaria* cv. BRS Ipyporã); BRS Braúna (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Braúna); BRS Mulato II (*Brachiaria* cv. Convert HD 364); Mavuno (*Brachiaria* cv capim- Mavuno); Sabiá (*Brachiaria* cv. Sabiá); Cayana (*Brachiaria* cv. Cayana); BRS Quênia (*Panicum maximum* cv. BRS Quênia); BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. BRS Zuri); BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) e Paredão (*Panicum maximum* cv. BRS MG12 Paredão).

A avaliação da densidade e da porosidade do solo ocorreram a partir da coleta de amostras indeformadas na profundidade 0-10 cm, fazendo uso do método do cilindro volumétrico de kopeck de 100 $cm^3$.

A análise da densidade do solo foi feita de acordo com a metodologia proposta pela (EMBRAPA, 1997). Após a coleta, as amostras foram encaminhadas a secagem em estufa a uma temperatura de 105°C por 24 horas para obtenção do peso seco da amostra.

Para a determinação da porosidade do solo, foram usadas amostras indeformadas saturadas por 48 horas. Posteriormente ao período de saturação, as mesmas foram drenadas no potencial equivalente a 0,006 MPa utilizando uma mesa de tensão adaptada (KIEHL, 1979).

A partir dos valores de umidade com saturação da amostra e de retenção de água, calculou-se os valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (EMBRAPA, 1997).

A resistência do solo à penetração foi avaliada de forma aleatória, mediante uso de um penetrômetro eletrônico (Penetrolog, Falker) que mede a pressão exercida no solo em MPa ou KPa de uma haste cônica até 40 cm de profundidade. Os dados foram gerados nas profundidades 0-10, 10- 20 e 20-40 cm.

A fim de avaliar a umidade do solo, realizou-se coletas com uso do trado holandês, a partir das profundidades: 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Nesse processo, houve a pesagem das amostras úmidas para colocação em estufa de circulação forçada de ar por 24 horas para secagem, após isto, foram pesadas novamente para determinação da umidade. A quantidade de touceira por $m^2$ foi avaliada através da utilização de um gabarito de 1 $m^2$ de maneira aleatória na parcela. Findando, foram contabilizados o número de touceiras dentro do gabarito.

Fez-se uso de dois modelos estatísticos para interpretação de dados. O primeiro, foi o de parcelas divididas em 3 repetições para as avaliações de densidade e porosidade, cujo fator de variação foram as diferentes forrageiras. Para a obtenção dos dados de resistência a penetração e umidade do solo, utilizou-se o modelo de parcelas subdivididas, tendo como parcela principal as forrageiras e sub-parcelas as profundidades de avaliação do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar que a *Brachiaria* híbrida capim-Mavuno apresentou desenvolvimento radicular superior às cultivares BRS Paredão e a

BRS Paiaguás (Tabela 1). Essa superioridade no desenvolvimento de touceiras pela *Brachiaria* híbrida capim-Mavuno pode ser explicado pelo seu amplo e robusto sistema radicular, além de apresentar touceiras que podem atingir em média 130 cm de altura possuindo capacidade de garantir maior desempenho e tolerância ao estresse hídrico e, consequentemente, maior capacidade de rebrota na seca (WOLF SEMENTES, 2020).

A densidade e porosidade do solo não foram influenciadas pela espécie forrageira. Os baixos valores médios da densidade podem estar direto ou indiretamente associados à contribuição do sistema radicular das forrageiras (AGNER; KLEIN, 2014).

A macroporosidade apresenta nível crítico de 0,10 $m^3$ $m^{-3}$ e a microporosidade entre 0,15 a 0,20 $m^3$ $m^{-3}$ (REYNOLDS et al., 2002). Portanto, a macro e microporosidade podem ser classificadas como acima do nível crítico, apresentando boa retenção e distribuição de água no perfil do solo (Tabela 1).

Houve menor resistência do solo à penetração na camada de 0-10 cm em relação a mesma cultivar, sendo explicado pelo aumento da concentração de raízes adventícias na camada mais superficial do solo no primeiro ano de cultivo que supostamente contribuiu para o desfavorecimento dos valores de resistência à penetração, e à medida que as profundidades do solo amplificaram-se para 10-20 cm e 20-40 cm foram observados maiores valores de resistência do solo à penetração (Tabela 2).

Além disso, o maior teor de matéria orgânica na superfície do solo promove maior umidade e menores valores de resistência do solo à penetração (SILVA et al., 2019).

Os dados mostram que a resistência do solo à penetração em profundidade é maior na camada de 20-40 cm sendo classificada como alta (ARSHAD et al.,1996) (Tabela 2).

Os valores médios da umidade do solo não diferiram entre as forrageiras e profundidade de coleta de amostras (Tabela 2). Possivelmente, o revolvimento do solo promoveu uniformização da estrutura do solo na área antes da implantação do experimento, influenciando nos resultados de atributos físicos do solo.

## CONCLUSÕES

A *Brachiaria* híbrida capim-Mavuno apresentou melhor formação de touceiras $m^{-2}$ comparada aos híbridos Paredão e Paiaguás.

No geral, a resistência do solo à penetração foi menor na camada de 0-10 cm e maior na camada de 20-40 cm.

A densidade do solo, macroporosidade e microporosidade não sofreram alterações pelas forrageiras no primeiro ciclo de cultivo.

## REFERÊNCIAS

Agner, S. A. A.; Klein, V. A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejeto de suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, p. 720-726, 2014.https://doi.org/10.1590/S14154366201400070008.

Arshad, M. A.; Lowery, B.; Grossman, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J. W.; Jones, A. J., eds. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America, v. 5, p. 123-141, 1996.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Elisabeth, M.; Claessen, C. Manual de métodos de análises de solo. Embrapa. 2. Ed. Rio de Janeiro, RJ, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Ed: 3 rev. e ampl.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília; 2013. p. 353.

Kiehl, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p. 262.

Marchão, R.L. Integração lavoura-pecuária num Latossolo do Cerrado: Impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2007. 153 p.

Reynolds, W. D.; Bowman, B. T.; Drury, C. F.; Tan, C. S.; Lu, X. Indicators of good soil physical quality: Density and storage parameters. Geoderma, v. 110, p. 131-146, 2002.

Salton, J. C.; Tomazi, M., Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. Dourados, MS., ed. 1, 2014 (EMBRAPA, Comunicado Técnico, 198).

Silva, A. G. DA; Assis, R. L. DE; Oliveira, C. A. A. DE; Ferreira, C. J. B.; Teixeira, I. R.; Almeida, K. L.; Carmo,E. L. DO. Variabilidade dos atributos físicos do solo e dinâmica da palhada em sistema integração lavoura- pecuária no cerrado. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 18, n. 3, p. 429-440, 2019.

Stone LF, Moreira JAA, Rabelo RR, Biava M. Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão: Embrapa Informação Tecnológica; 2001. p. 232.

Wolf Sementes. Ribeirão Preto, SP, 2020. Disponivel em: https://www.mavuno.com.br/. Acesso em: 29 de maio de 2020.

**Tabela 1**. Dados médios de touceira (TOUC), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) em área com diferentes forrageiras no primeiro ciclo de cultivo em Rio Verde/GO.

| Tratamento | TOUC | Ds | Macro | Micro |
|---|---|---|---|---|
| | Uni $m^{-2}$ | g $cm^{-3}$ | ------ $m^3$ $m^{-3}$ ------ | |
| Mavuno | 31,66 a | 1,29 a | 0,27 a | 0,77 a |
| Zuri | 29,33 ab | 1,40 a | 0,26 a | 0,94 a |
| Ibyporã | 24,66 ab | 1,33 a | 0,29 a | 0,95 a |
| Cayana | 24,66 ab | 1,23 a | 0,23 a | 0,98 a |
| Mulato | 23,66 ab | 1,06 a | 0,27 a | 0,94 a |
| Tamani | 23,33 ab | 1,17 a | 0,26 a | 0,86 a |
| Braúna | 22,66 ab | 1,33 a | 0,23 a | 0,99 a |
| Sabiá | 22,00 ab | 1,15 a | 0,23 a | 1,08 a |
| Quênia | 22,00 ab | 1,27 a | 0,25 a | 0,96 a |
| Paredão | 21,33 b | 1,39 a | 0,28 a | 0,95 a |
| Paiaguás | 20,00 b | 1,18 a | 0,33 a | 0,91 a |

(1)Médias seguidas de mesma letra na linha para cada profundidade de solo não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Dados médios da resistência do solo à penetração e umidade do solo avaliados nas profundidades do solo de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em área com diferentes forrageiras no primeiro ciclo de cultivo em Rio Verde/GO.

| Tratamento | RESISTÊNCIA Á PENETRAÇÃO (MPa) | | | UMIDADE DO SOLO ($m^3\ m^{-3}$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0-10 | 10-20 | 20-40 | 0-10 | 10-20 | 20-40 | TOTAL |
| Mavuno | 0,37 aC | 1,66 aB | 3,51 aA | 0,19 aA | 0,16 aA | 0,15 aA | 1,85 a |
| Zuri | 0,17 aC | 1,51 aB | 3,37 aA | 0,16 aA | 0,15 aA | 0,14 aA | 1,68 a |
| Ibyporã | 0,18 aC | 1,34 aB | 2,92 aA | 0,16 aA | 0,18 aA | 0,16 aA | 1,48 a |
| Cayana | 0,29 aC | 1,63 aB | 2,58 aA | 0,18 aA | 0,18 aA | 0,16 aA | 1,50 a |
| Mulato | 0,18 aC | 1,67 aB | 3,27 aA | 0,18 aA | 0,14 aA | 0,16 aA | 1,71 a |
| Tamani | 0,57 aC | 1,70 aB | 3,08 aA | 0,20 aA | 0,16 aB | 0,16 aB | 1,78 a |
| Braúna | 0,34 aB | 0,93 aB | 2,64 aA | 0,15 aA | 0,16 aA | 0,14 aA | 1,30 a |
| Sabiá | 0,30 aC | 1,44 aB | 3,11 aA | 0,19 aA | 0,17 aA | 0,16 aA | 1,62 a |
| Quênia | 0,13 aC | 1,93 aB | 3,32 aA | 0,17 aA | 0,16 aA | 0,14 aA | 1,79 a |
| Paredão | 0,34 aC | 1,37 aB | 2,98 aA | 0,17 aA | 0,16 aA | 0,16 aA | 1,56 a |
| Paiaguás | 0,27 aC | 1,18 aB | 2,41 aA | 0,18 aA | 0,18 aA | 0,16 aA | 1,29 a |
| TOTAL | 0,28 aC | 1,49 aB | 3,02 aA | 0,15 aC | 0,17 aB | 0,18 aA | - |
| | 0,28 C | 1,49 B | 3,02 A | 0,15 C | 0,17 B | 0,18 A | |

(1)Médias seguidas de mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação da qualidade estrutural do solo por método visual (VESS) e sua relação com atributos físicos de um Latossolo Vermelho

Lidiane Martins da Costa[1]; Douglas Rodrigo Kaiser[2]

[1] Estudante, Programa de Pós-Graduação em Ambientes e Tecnologias Sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira Sul, Avenida Major Antônio Cardoso, 590, Centro, Cerro Largo-RS, CEP 97900-000, costalidiane00@gmail;
[2] Professor, Universidade Federal da Fronteira Sul.

## INTRODUÇÃO

O solo é responsável por vários serviços ecossistêmicos que garantem a vida no planeta Terra (DORAN, 2002). A manutenção da qualidade do solo é fundamental para a produção de alimentos, a manutenção do equilíbrio hidrológico e a biodiversidade. A mudança de uso e o manejo do solo são os principais fatores responsáveis pela degradação dos solos sob uso agrícola no Brasil.

O aumento do estado de compactação tem sido apontado como um dos principais problemas de degradação do solo nas áreas sob planto direto no sul do Brasil (REICHERT et al., 2007). Com a compactação do solo ocorre e aumento da densidade do solo e redução da quantidade, do tamanho e da continuidade do sistema poroso (KAISER et al., 2013), o que reduz a taxa de infiltração de água no solo e aumenta o escamento superficial.

Na região das Missões do Rio Grande do Sul o elevado estado de compactação é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade das culturas agrícolas na maioria das propriedades rurais (FIORIN et al., 2007), sendo isso resultante da ausência de rotação e diversificação de culturas no sistema de produção e pelo tráfego de máquinas e pisoteio animal em condições de solo sob alta umidade.

Para mitigar os efeitos da compactação em solos argilosos e melhorar a estrutura do solo tem sido utilizado estratégias de manejo que envolvem a escarificação (CAMARA; KLEIN, 2005) e o uso de plantas de cobertura isoladas ou associadas a escarificação (NICOLOSO et al., 2008). No entanto, o efeito da escarificação tem sido de curta duração (DRESCHER, 2015), o que pode estar associado as metodologias utilizadas para a avaliação da estrutura do solo.

Os métodos mais comuns utilizados para avaliar a alteração da estrutura do solo pela ação do manejo ou pela comparação envolvem a coleta de amostras de solo com anéis, para determinar a densidade e porosidade, medidas de resistência a penetração e avaliação da agregação do solo (REICHERT et al., 2007). Essas metodologias exigem equipamentos específicos e laboratórios especializados e o resultado não é instantâneo.

Uma das alternativas que tem sido utilizada e difundida no sul do Brasil são os métodos

para avaliação visual da estrutura do solo (VESS) (GUIMARÃES et al., 2011). Nessa metodologia, uma fatia de solo é coletada até uma profundidade de 25 cm e a estrutura e porosidade são avaliados visualmente e pelo tato, estabelecendo-se um índice de qualidade para a estrutura do solo. Por ser um método simples, de fácil execução e baixo custo, pode melhorar o diagnóstico e gerar melhores informações para a tomada de decisão para definir estratégias de manejo do solo. No entanto, essas metodologias necessitam treinamento e adaptação e calibração com os métodos laboratoriais (OBOUR et al., 2016).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do Método visual de avaliação da estrutura do solo (VESS) e de métodos quantitativos laboratoriais para diagnosticar o efeito de diferentes sistemas de preparo e uso de plantas de cobertura sobre a qualidade estrutural do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo está sendo realizado na área experimental da COOPATRIGO - Cooperativa Tritícola Regional Sãoluizense Ltda, situada na cidade de São Luiz Gonzaga–RS, região das Missões do estado do Rio Grande do Sul, em um área de Latossolo Vermelho, 520 g kg de argila; 45 g kg de areia e 435 g kg de silte na camada de 0 a 30 cm.

O experimento foi instalado no mês de abril do ano de 2020, em uma área com histórico de plantio direto seguido de intenso tráfego de máquinas. O delineamento experimental utilizado foi Blocos ao acaso. Cada bloco (12x12) subdividido em parcela de (3x4) com cinco repetições. A composição dos tratamentos avaliados foi com base em uma área de lavoura que, no ano de 2020 (início da condução do experimento), encontrava-se em pousio. Nessa área, foi mantida uma parcela testemunha em pousio e as demais utilizou-se uma mistura de plantas de cobertura composta por (gramíneas, leguminas, crucíferas). Ao passo que foi realizado uma intervenção mecânica, escarificação do solo no intuito de promover a descompactação mecânica do solo (ESC), e os demais foram mantidos sob sistema plantio direto (PD).

Os tratamento foram denominados como: PD pousio, ESC pousio, PD cobertura e ESC cobertura. Para amostragem foram selecionados 20 pontos para coletas de amostras de solo com estrutura preservada nas profundidades: 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm. Em seguida foi realizada a avaliação visual da estrutura do solo (VESS) seguindo a metodologia estabelecida por (GUIMARÃES et al., 2011).

Foram determinadas as variáveis: densidade do solo (Ds), macroporosidade do solo (macro), microporosidade do solo (micro), porosidade total (Pt) e atribuído escore a cada camada de solo de acordo com os critérios estabelecidos para aplicação do VESS a campo, que atribuem notas de acordo com a presença de feições de degradação ou conservação/recuperação da estrutura na camada de solo.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para avaliar a eficiência do VESS em relação ao método quantitativo, foi realizada análise de correlação de Pearson entre as notas das camadas com as propriedades físicas do solo de cada camada e a correlação do índice de qualidade VESS com valor médio de densidade e porosidade para camadas de 0-30 cm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando observamos dados quantitativos de densidade e porosidade, os maiores valores de densidade foram encontrados no tratamento PD cobertura e PD pousio, para as camadas de 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m **tabela 1**. Com relação a porosidade total os maiores valores foram en-

contrados nas camadas de 0,00 – 0,10 m para os tratamentos ESC cobertura e ESC pousio.

A microporosidade apresentou os menores valores no tratamentos ESC cobertura e ESC pousio nas camadas de 0,00 – 0,10 m, enquanto PD cobertura e PD pousio apresentaram os maiores valores em todas as camadas não diferindo estatisticamente. A macroporosidade apresentou comportamento inverso à microporosidade quanto a diferenciação estatística dos tratamentos.

São considerados críticos ao desenvolvimento de plantas para solos argilosos, valores de densidade entre 1,4 – 1,6 Mg $m^{-3}$ (REICHERT et al. 2003). Entretanto, apenas o tratamento PD cobertura na camada de 0,10 -0,20 m apresentou valor considerado restritivo ao desenvolvimento das plantas.

Escores de qualidade estrutural até 2,9 indicam um bom manejo na área, porém valores acima de 3 indicam a área necessita de modificação de manejo (BALL et al., 2017). O tratamento PD cobertura **figura 1** apresentou o maior escore de qualidade estrutural do solo, 3,03 indicando deterioração na qualidade estrutural, o qual deve-se adotar melhorias no manejo. Os demais tratamento encontra-se dentro dos limites que indicam um bom manejo.

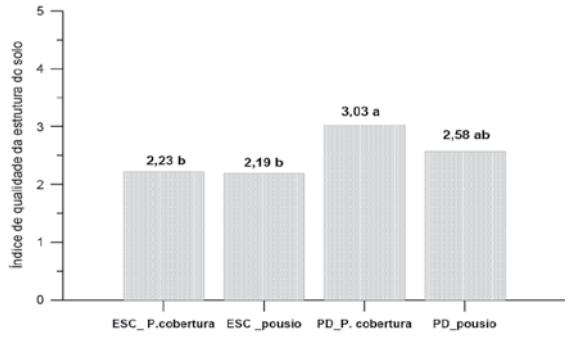



**Figura 1**. Índice de qualidade do solo obtida pela metodologia VESS.

Quando correlacionados a avaliação visual da qualidade estrutural do solo com os valores médios de densidade e porosidade da camada de 0,0 – 0,30 m **tabela 2**, observou-se uma correlação positiva, pois quanto maior a densidade, menor é a qualidade do solo, ou seja maior valor do índice do

VESS. Entretanto, a porosidade total e macroporosidade a correlação foi negativa, pois a medida que aumenta a porosidade total e a macroporosidade, os valores do índice de VESS são menores, indicando melhor qualidade do solo.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre o índice do VESS e os valores médios de densidade e porosidade da camada de 0 a 30 cm.

| | VESS | Nível de significância |
|---|---|---|
| **Ds** | 0,69 | 0,0008 |
| **Pt** | -0,68 | 0,0010 |
| **Micro** | 0,46 | 0,0400 |
| **Macro** | -0,65 | 0,0019 |

A correlação das notas do índice do VESS das camadas **tabela 3** foi positiva para os valores de densidade e microporosidade, enquanto para porosidade total foi negativa, corroborando com as médias **tabela 2** e as indicações de qualidade do solo.

**Tabela 3.** Correlação de Pearson entre notas das camadas do VESS e propriedades do solo.

| | VESS | Nível de significância |
|---|---|---|
| **Ds** | 0,36 | 0,0045 |
| **Pt** | -0,36 | 0,0048 |
| **Micro** | 0,35 | 0,0061 |
| **Macro** | -0,38 | 0,0030 |

O que nos possibilita dizer que os tratamentos PD cobertura e PD pousio apresentam menor qualidade do solo e que se deve adotar melhorias de manejo a logo prazo, uma vez que no primeiro ano de introdução de espécies com diferente sistemas radicular os efeito não foram significativos.

## CONCLUSÕES

O índice de VESS apresentou-se eficiente para avaliação da qualidade estrutural do solo, uma vez ouve correlação significativa entre as medidas quantitativas de densidade e distribuição de poros do solo.

A escarificação do solo alterou significativamente a estrutura do solo na camada superficial.

As plantas de cobertura com diferentes sistemas radiculares não tiveram efeito sobre a estrutura do solo durante apenas um ciclo, sendo seu efeito esperado a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

Ball BC, Guimarães RML, Cloy JM, Hargreaves P, Shepherd TG, Mckenzie BM. Visual soil evaluation: a summary of some applications and potential developments for agriculture. Soil Tillage Res. 2017;173:114-124.

Camara RK, Klein VA. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. Ciênc Rural. 2005; 35:813-819.

Drescher MS. Estratégias para descompactação do solo por escarificação e hastes sulcadoras em sistema plantio direto. [Tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2015.0

Doran JW. Soil health and global sustainabily: translating Science into pratictice. Agricultire Ecosystems and Environment; 2002. v. 88, p.119-127.

Eurich J, Neto PHW, Rocha CH, Eurich ZRS. Avaliação visual da qualidade da estrutura do solo em sistemas de uso das terras. Rev. Ceres, Viçosa. 2014. v. 61, n.6, p. 1006-1011.

Fiorin JE, Schnell A, Ruedell J. Diagnóstico das propriedades rurais na região de abrangência das cooperativas COOPATRIGO, COOPEROQUE, COTAP, COTRISA, COTRISSAL e TRITICOLA. Ind ed. Passo Fundo, RS: Editora Berthier; 2007.

Kaiser DR, Rodrigues MF, Reichert JM, Reinert DJ, Horn R, Fleige H, Brandt AA. Soil physical capacity and intensity properties for achieving sustainable agriculture in the subtropics and tropics: a review. In: Krümmelbein J, Horn R, Pagliai M, Editors. Soil degradation. Advances in Geoecology. 2013. p. 282-339.

Guimarães RML, Ball BC, Tormena CA. Improvements in the visual evaluation of soil structure. Soil Use Manage. 2011; 27: 395-403.

Nicoloso RS, Amado TJC, Schneider S, Lanzanova ME, Girardello VC, Bragagnolo J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa. 2008. v. 32, n. 4, p. 1723-1734.

Reichert JM, Suzuki LEAS, Reinert DJ. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM, editors. Tópicos Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 49-134.

Reichert JM, Reinert DJ, Braida JA. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência & Ambiente. 2003; 27:29-48.2003.

Obour PB, Schjonning P, Peng Y, Munkholm LJ. Subsoil compaction assessed by visual evaluation and laboratory methods. Soil Tillage Res. 2016.

Tabela 1. Densidade e distribuição de poros da área em estudo.

| Camada (m) | ESC cobertura | ESC pousio | PD cobertura | PD pousio | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Densidade do Solo (Mg m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 1,00 b | 0,91 b | 1,17 a | 1,23 a | 7,68 |
| 0,10 - 0,20 | 1,36 ab | 1,18 b | 1,41 a | 1,35 ba | 7,03 |
| 0,20 - 0,30 | 1,36 a | 1,35 a | 1,39 a | 1,32 a | 4,20 |
| **Porosidade Total (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,64 a | 0,67 a | 0,58 b | 0,56 b | 4,67 |
| 0,10 - 0,20 | 0,43 a | 0,40 a | 0,42 a | 0,41 a | 6,30 |
| 0,20 - 0,30 | 0,52 a | 0,52 a | 0,51 a | 0,53 a | 3,94 |
| **Microporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,35 b | 0,34 b | 0,41 a | 0,42 a | 5,52 |
| 0,10 - 0,20 | 0,46 a | 0,40 a | 0,42 a | 0,41 a | 6,66 |
| 0,20 - 0,30 | 0,42 a | 0,42 a | 0,42 a | 0,42 a | 3,37 |
| **Macroporosidade (m$^3$ m-$^3$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,29 a | 0,33 a | 0,18 b | 0,14 b | 19,84 |
| 0,10 - 0,20 | 0,09 ba | 0,18 a | 0,08 b | 0,11 ba | 46,96 |
| 0,20 - 0,30 | 0,09 a | 0,10 a | 0,08 a | 0,11 a | 27,62 |

*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Compactação induzida pelo tráfego de um feller na colheita florestal de eucalipto

Pablo do Amaral Alonço[1]; Dalvan José Reinert[2];

[1]Aluno de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: aloncopablo@gmail.com;
[2]Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dalvan@ufsm.br;

## INTRODUÇÃO

As máquinas florestais utilizadas para a colheita florestal têm apresentado constante elevação em suas características construtivas (HORN et al., 2004), visando possibilitar o incremento da eficiência operacional. No entanto, estas alterações podem gerar danos severos ao solo, ocasionando redução na produtividade (DIAS JUNIOR et al., 2005; RIGATTO et al., 2007).

A indústria madeireira, porém, têm buscado alternativas que possibilitem o cultivo e o manejo sustentável de suas florestas ao mesmo tempo que seja possível otimizar a produtividade. Assim, alternativas sobre o tráfego das máquinas nas operações de colheita (DIAS JUNIOR et al., 2003) e também à organização pela qual as diferentes máquinas irão atuar, uma vez que atualmente estão sendo utilizados diferentes sistemas de colheita, como o *full-tree* e o *cut-to-length*, têm sido avaliadas e implementadas.

Além disso, o tráfego indiscriminado e sem controle das máquinas de colheita de madeira faz com que o grau de compactação seja agravado e, consequentemente, ao longo dos anos, cause redução da produtividade e aumento na probabilidade de ocorrer erosão dos solos (SAMPIETRO et al., 2015). Dessa forma, Reichert et al. (2018) recomenda o planejamento da mecanização agrícola visando minimizar a intensidade do tráfego e, por conseguinte, reduzir o impacto negativo nos solos de ecossistema florestal.

Diante disso, avaliar o grau de compactação do solo é uma atividade de suma importância, pois este é um parâmetro extremamente significativo para avaliar o cultivo de culturas perenes (REICHERT et al., 2009; SUZUKI et al., 2015). Em adição ao grau de compactação, também é importante avaliar a resistência do solo à penetração, principalmente levando em consideração o conteúdo de água, densidade e textura do solo, dessa forma, tornando o estudo mais promissor na tomada de decisões quanto à avaliação do grau de compactação em níveis prejudiciais às plantas (REICHERT et al., 2010).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nas propriedades físicas de um solo cultivado com *Eucalyputs* após o tráfego de um Feller Buncher na colheita de Eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma fazenda comercial de *Eucalyptus* cultivados durante 11 anos, latitude 32º 40' S, longitude 55º 40' W, no município de San Gregorio de Polanco, Uruguai.

Foram coletadas amostras de solo para determinar a textura (SANTOS et al., 2015) em três profundidades, conforme apresentado na Tabela 1.

As amostras de solo coletadas para determinar a densidade do solo foram obtidas em quatro situações: Solo sem tráfego (ST) e após 1, 4 e 8 passadas de um Feller (F1, F4 e F8, respectivamente). Para cada variável foram coletados 2 anéis volumétricos de 3,99 cm de altura e 5,71 cm de diâmetro em 4 profundidades (0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm), com 3 repetições, totalizando 96 amostras de solo em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). A umidade volumétrica ($cm^3$ $cm^{-3}$) do solo no momento da coleta para cada tratamento variou entre 0,205 a 0,270 $cm^3$ $cm^{-3}$.

As amostras coletadas foram secas em estufa e submetidas a densidade do solo (Ds), obtida através da fórmula:

$$Ds\ (g\ cm^3) = \frac{Peso\ seco\ (g)}{\pi \times \left(\frac{5,71}{2}\right)^2 \times 3,99}$$

Para obtenção da resistência do solo à penetração (RP) foi utilizado um penetrômetro manual (penetrologger Eijkelkamp®) numa transeção de 1 metro perpendicular à linha de tráfego em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituindo-se de 6 pontos amostrais coletados no decorrer da transeção, sendo as posições de coleta: 0, 20, 40, 60, 80 e 100 cm da transeção coletados a cada 1 cm e até 40 cm de profundidade para cada uma das quatro situações de tráfego do Feller. Foram realizadas 3 repetições, totalizando 2880 pontos amostrais obtidos.

Através da média geral dos 720 pontos de RP de cada figura foi possível obter o índice de cone (IC), utilizado para demonstrar o estado de compactação medido pelo penetrômetro. O Feller utilizado na operação de colheita foi um Tigercat H250D, com rodado de esteira de dimensões 0,7 x 3,3 metros, capacidade de carga de 5 árvores e peso de 25,4 toneladas.

Todos os dados foram analisados estatisticamente através do Software SAS 9.4® e submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras avaliadas apresentaram diferenças significativas na Ds na medida em que o Feller passou 1, 4 e 8 vezes no local amostrado, conforme apresentado na tabela 2. No entanto, nas profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm as alterações foram mais acentuadas, variando de 1,13 g $cm^3$ em ST para 1,35 g $cm^3$ em F8, corroborando com os resultados obtidos por Sampietro et al., (2015). Já nas demais profundidades, embora tenha ocorrido elevação da Ds, as mesmas foram em menor escala, de modo que de 20 a 30 cm não houve diferença significativa entre ST e F8 (figura 1). No entanto, a umidade volumétrica do solo pode ter contribuído para isto, pois a mesma estava muito baixa, 0,228 em ST e 0,223 em F8, o que conferiu maior capacidade de suporte ao solo. Porém, ainda que em uma umidade baixa, onde a capacidade de carga é mais elevada, o tráfego do Feller para as condições de estrutura de solo estudadas, modificou a Ds de maneira que a mesma passou a apresentar valores limitantes para a produção agrícola. Além disso, estas alterações poderão acarretar em modificações de outras propriedades físicas do solo, como distribuição de volume, tamanho e continuidade de poros, além da diminuição de macroporos, conforme já relatado por Reichert et al., (2018).

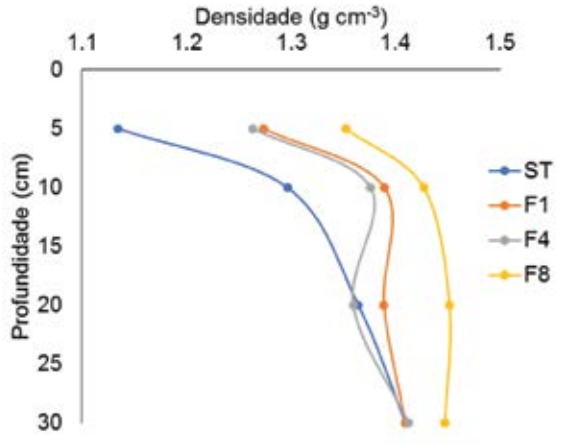



Figura 1. Ds ao longo do perfil de solo nos diferentes tratamentos avaliados.

Antes do tráfego, o solo apresentou variações na RP de 0 a 3 MPa na profundidade de 0 a 20 cm e alguns picos de 4 MPa entre 35 e 40 cm, além de IC de 3,05 MPa na camada de 0 a 40 cm. No entanto, após 1, 4 e 8 passadas do feller, a RP na camada de 0 a 20 cm foi elevada, atingindo valores em torno de 5 MPa e IC 25% superior ao obtido antes do tráfego, indicando que, mesmo com o solo sob baixa umidade, o tráfego do feller influenciou negativamente na resistência do solo à penetração, principalmente nas camadas superficiais, corroborando com os resultados obtidos por Sampietro et al., (2015) e Riggert et al., (2016). Além disso, ainda que não tenha sido verificado diferenças significativas na Ds entre F1 e F4, o mesmo não foi observado quanto à RP, onde verificou-se uma brusca alteração entre os tratamentos ao longo de todo o perfil avaliado e, principalmente na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Assim, mesmo sob baixas umidades do solo e independente do número de passadas que a máquina realize, poderão ocorrer modificações significativas nas propriedades físicas do solo, acarretando em impedimentos no desenvolvimento radicular de novas mudas de árvores, como já relatado por Rigatto et al., (2005) para a cultura do Pinus.

## CONCLUSÕES

O tráfego de feller, mesmo em baixas condições de umidade do solo, favoráveis ao tráfego de máquinas, e utilizando um rodado de esteira, a Ds, RP e IC apresentaram alterações significativas após 1, 4 e 8 passadas da máquina, principalmente nos primeiros 20 cm de profundidade.

É importante replicar este experimento com outras máquinas de colheita florestal e em diferentes estruturas de solo e condições de umidade do solo, com vistas de obter um maior banco de dados sobre a dinâmica das alterações nas propriedades físicas do solo causadas por este tipo de máquina.

## REFERÊNCIAS

DIAS JUNIOR, M.S. A soil mechanics approach study to soil compaction. In: ACHYUTHAN, H. (Ed.). Soil and soil physics in continental environment. Chenna: Allied Pub. Private; 2003. p.179-199.

DIAS JUNIOR, M.S.; LEITE, F.P.; LASMAR JUNIOR, E. ARAÚJO JUNIOR, C.F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. Scientia Agricola; 2005. v.62, p.248255.

HORN, R.; VOSSBRINK, J.; BECKER, S. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. Soil and Tillage Research; 2004. v.79, p.207219.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degreeof-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. Soil & Tillage Research; 2009. v. 102, p. 242-254.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S.; HORN, R. Mecânica do Solo. In: Quirijin de Jong Van Lier. (Org.). Física do Solo. 1ed.Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, v.1, p. 29-102.

REICHERT, J.M.; CECHIN, N.F.; REINERT, D.J.; RODRIGUES, M.F.; SUZUKI, L.E.A.S. Ground-based harvesting operations of Pinus taeda affects structure and pore functioning of clay and sand clay soil. Geoderma; 2018. v. 331, p. 38-49.

RIGATTO, P.A., DEDECEK, R.A., MATTOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de Pinus taeda. Rev. Árvore; 2005. 29, 701–709.

RIGGERT, R., FLEIGE, F., KIETZ, B., GAERTIG, T., HORN, R. Stress distribution under forestry machinery and consequences for soil stability. Soil Sci. Soc. Am. J.; 2016. 80, 38.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, E. S.; REICHERT, J.M. Compactação causada pelo tráfego de feller buncher e skidder em um neossolo regolítico sob distintas umidades. Ciência florestal (online); 2015. v. 25, p. 239248.

SANTOS, R.D dos.; SANTOS, H.G dos.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C dos.; SHIMIZU, S.H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2015. 7ª edição, Viçosa – MG, Brasil.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D. J; LIMA, C.L.R. de. Degree of compactness and mechanical properties of a subtropical Alfisol with eucalyptus, native forest, and grazed pasture. Forest Science; 2015. v. 61, p. 716-722.

**Tabela 1**. Classificação textural do solo em que foram cultivados o Eucalipto.

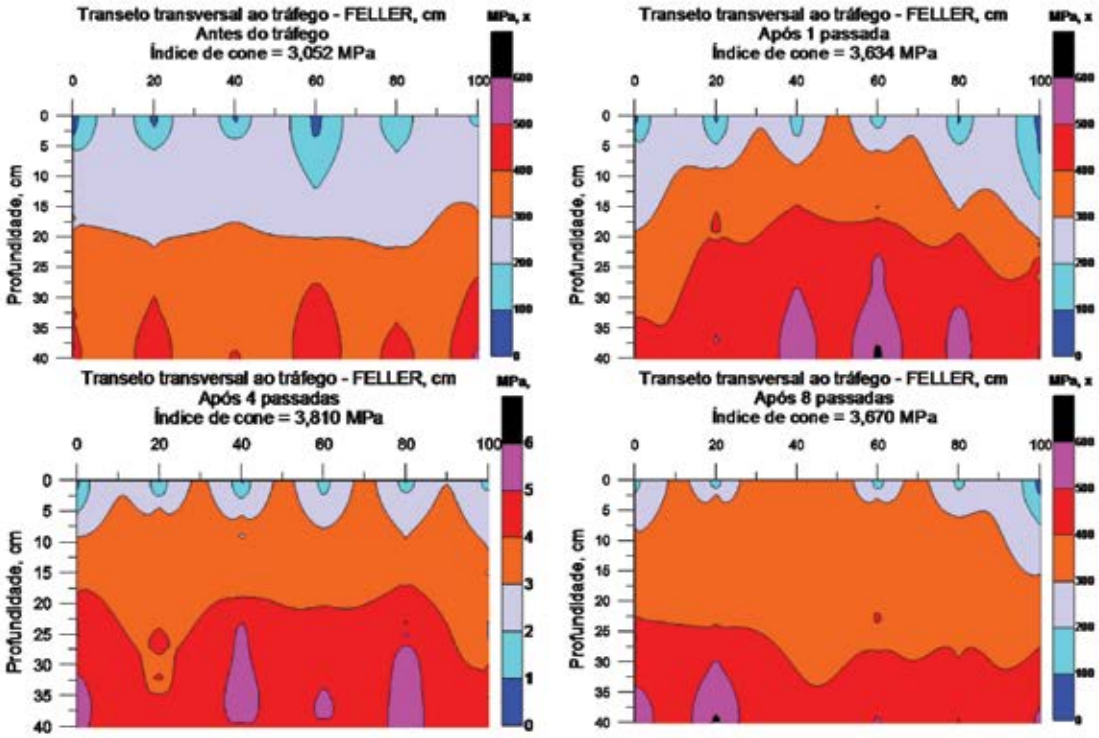
| Profundidade (cm) | Argila (%) | Areia (%) | Silte (%) | Classe textural |
|---|---|---|---|---|
| 0 – 10 | 23 | 34 | 43 | |
| 10 – 20 | 25 | 34 | 41 | Franca |
| 20 - 30 | 28 | 33 | 39 | |

**Tabela 2**. Médias das densidades do solo (g $cm^{-3}$) obtidas para cada tratamento.

| | Profundidade (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 - 5 | 5 - 10 | 10 - 20 | 20 - 30 |
| ST | 1.13 A | 1.30 A | 1.36 A | 1.36 A |
| F1 | 1.27 B | 1.39 AB | 1.39 A | 1.41 A |
| F4 | 1.26 B | 1.38 AB | 1.36 A | 1.41 A |
| F8 | 1.35 B | 1.43 B | 1.45 B | 1.45 A |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si no teste de Tukey ($p<0,05$).

Figura 3. Resistência do solo à penetração (MPa) ao longo de 1 metro de largura e em 0,40 m de profundidade nos diferentes tratamentos avaliados.



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Condutividade Hidráulica do Solo Saturado em Sistemas Integrados de Produção na Serra Gaúcha - RS[1]

Catia Bertollo Chaves[2]; João Fernando Sana[2]; Rodrigo Jaques Camboim[2]; Letícia Salvi Kohn[3]; Gabrielle Mendes Passos[3]; Roberto de Rossi Ferreira[3]; Tiago Stumpf da Silva[4]; Michael Mazurana[5]; Cássio Antonio Tormena[6]; Ricardo Silva Pereira Mello[7]; Getulio Coutinho Figueiredo[5; 8]

[1] Projetos de Pesquisa UFRGS nº 35757 e nº 36361; [2] Graduando, Agronomia, UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dpto. de Solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre - RS, caatiabc@gmail.com; [3] Mestrando em Ciência do Solo, UFRGS; [4] Doutorando em Ciência do Solo, UFRGS; [5] Professor, Dpto. de Solos, UFRGS; [6] Professor Associado, UEM, Universidade Estadual de Maringá, Dpto. de Agronomia, Av. Colombo, 5790, Maringá-PR; [7] Professor Adjunto, UERGS, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, R. Oscar Matzembacher, 475, Tapes-RS; [8] Orientador, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

A capacidade funcional da estrutura do solo depende, em grande parte, da organização do sistema poroso. Neste sentido, a condutividade hidráulica reflete a organização de poros do solo, sendo sua magnitude governada pela distribuição de tamanho, rugosidade, tortuosidade, forma e grau de interconexão de poros (Reynolds et al., 2002), o que a torna útil para descrever aspectos funcionais da estrutura do solo.

Em geral, determinações da condutividade hidráulica do solo com metodologias aplicadas em campo são preferíveis, pois proporcionam menores perturbações e melhores condições de contorno em relação às amostras indeformadas, utilizadas amplamente em metodologias laboratoriais (Amoozegar, 1989).

A Serra Gaúcha pertence à Mata Atlântica, sendo este bioma considerado prioritário para a conservação da biodiversidade (Veloso et al., 1991). Nesta região, o manejo agrícola pode promover degradação da qualidade física do solo. Portanto, em regiões que abrangem este bioma, devem ser incentivadas alternativas para uma agricultura mais sustentável, tais como os sistemas integrados de produção.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento hidráulico do solo, utilizando metodologia aplicada em campo, em sistemas integrados de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Comunidade Caconde, localizada no limite sudeste do município de São Francisco de Paula e nordeste do município de Rolante (29°32' S e 50°28' O), no Rio Grande do Sul. O solo é classificado como Cambissolo Húmico (Streck et al., 2018), textura francoargilosa, apresentando, no perfil de 0-0,6 m, teores médios de 555 g $kg^{-1}$ de argila e 154 g $kg^{-1}$ de areia.

Os tratamentos consistiram de: *i)* mata nativa - ***MN***, sendo utilizada como referência da qualidade física do solo; *ii)* sistema agroflorestal - ***SAF***, com histórico de plantio anual em rotação de batata (*Solanum tuberosum*), feijão

(*Phaseolus vulgaris*) e milho (*Zea mays*) por, pelo menos, duas décadas, até o ano de 2010. Daí em diante, a área ficou em repouso, onde se estabeleceu uma vegetação secundária. Após cinco anos, sem que houvesse supressão desta nova vegetação, mudas de Ervamate (*Ilex paraguariensis*) foram implantadas e conduzidas no local; *iii)* sistema integração lavoura-pecuária - *ILP*, com plantio em rotação a cada três anos de aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo (*Trifolium sp.*), de forma ininterrupta ao manejo de bovinos no local, com baixa lotação animal.

Em cada tratamento foram demarcados quatro transectos, de 11 pontos, espaçados a cada dois metros. Em campo, para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (ksat), foi utilizada a metodologia de carga decrescente, desenvolvida por Bagarello et al. (2004). Previamente, foram testadas cargas hidráulicas para a execução do ensaio de ksat, de acordo com sua condição hídrica. Nas profundidades de 0,0-0,1 e de 0,1-0,2 m, utilizando um amostrador de percussão e anéis de 300 $cm^3$, foram coletadas amostras para determinação da umidade volumétrica e densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (Camargo et al., 2009). Em cada transecto, foram abertas 11 trincheiras. Sendo coletadas duas amostras por trincheira, totalizando 264 amostras indeformadas.

Adicionalmente, nas profundidades do solo de 0,0-0,1 e de 0,1-0,2 m, foram coletadas amostras de 100 $cm^3$, para determinação da capacidade de campo. Todos os atributos do solo foram comparados pelo intervalo de confiança da média ($p = 0,05$, Glantz & Slinker, 1990; Payton et al., 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo (Ds) apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os sistemas integrados de produção (Figura 1). Nas profundidades de 0,0-0,1 e de 0,10,2 m, foram verificados valores maiores de Ds na ILP, seguidos do SAF e da MN. A justificativa para esta diferença entre os sistemas pode ser explicada pelo manejo adotado, como o pastejo bovino na ILP. Segundo Trein et al. (1991), o pisoteio animal aproxima as partículas do solo, diminuindo o espaço poroso, especialmente o da macroporosidade. Passados dez anos, a alteração da Ds pelas atividades de manejo no SAF ainda evidencia o histórico de uso do solo. Modificações de Ds podem alterar os estados de ar, água e temperatura do solo, afetando a germinação bem como o crescimento de plantas. Entretanto, os valores de Ds avaliados são distantes daqueles críticos ao crescimento de plantas, estimados entre 1,41 e 1,47 g $cm^{-3}$, de acordo com sua granulometria (Reichert et al., 2009). Dentro do tratamento, houve diferença ($p < 0,05$) de Ds somente na MN, com valores menores para a profundidade mais rasa, refletindo o efeito da camada sobrejacente de serapilheira.

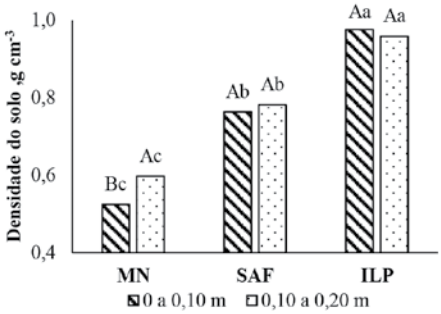



Figura 1. Densidade do solo de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS. Valores seguidos de letras maiúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre profundidades do solo. Valores seguidos de letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. $p > 0,05$ reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

Nas profundidades de 0,0-0,1 e de 0,1-0,2 m, a umidade na capacidade de campo apresentou

valores maiores ($p < 0,05$) para o SAF e a ILP em comparação com a MN (Figura 2). Conforme Klein (2014), o qual cita Veihmeyer &

Hendrickson (1949), "a capacidade de campo pode ser definida pela quantidade de água retida pelo solo, depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação" . Assim, se considerarmos o potencial mátrico de -10 kPa como representativo desta condição hídrica, no SAF e na ILP, os valores de densidade do solo (Figura 1) ligeiramente maiores que na MN refletem a contribuição de poros capilares na retenção de água (Brady & Weil, 2013) nas profundidades do solo avaliadas, ampliando a armazenagem de água às culturas.

Os dados de condutividade hidráulica do solo foram logtransformados, para aderência à distribuição normal. Nas profundidades de 0,0-0,1 e de 0,1-0,2 m, a MN apresentou valores maiores de ksat, com diferenças ($p < 0,05$) para o SAF e a ILP, que foram iguais entre si (Figura 3). Os valores de ksat na MN expressam facilidade de infiltração e percolação da água, embora isso possa diminuir a armazenagem hídrica ao longo do perfil do solo em relação aos sistemas de produção.

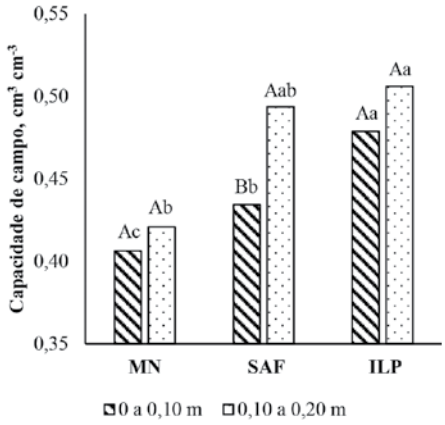



Figura 2. Capacidade de campo de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS. Valores seguidos de letras maiúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre profundidades do solo. Valores seguidos de letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. $p > 0,05$ reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

Destaca-se que para o SAF e a ILP, embora não apresentem diferenças entre as profundidades de solo avaliadas, o valor menor de ksat em profundidade é determinante para a dinâmica de movimentação de água no perfil bem como do excedente pluviométrico, que forma o escoamento superficial de águas. Contudo, os valores de ksat são classificados (Figura 4), predominantemente, como drenagem moderadamente rápida a muito rápida (Reichardt, 1978), o que pode favorecer menores frequência de escoamento superficial e taxa de erosão hídrica.

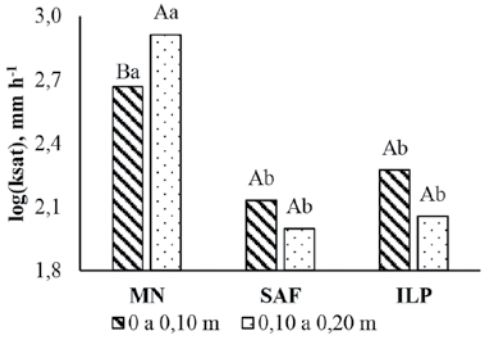



Figura 3. Condutividade hidráulica do solo saturado de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS. Valores seguidos de letras maiúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre profundidades do solo. Valores seguidos de letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. $p > 0,05$ reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

## CONCLUSÕES

A condutividade hidráulica do solo saturado é sensível para identificar mudanças no fluxo hídrico do solo provocadas pelos sistemas integrados de produção, os quais são mais afetados em relação à mata nativa.

Os sistemas integrados de produção são alternativa viável para o uso do solo, sendo que o tempo de adoção dos sistemas avaliados não revela degradação da qualidade física do solo visto que os fluxos hídricos indicam níveis adequados de funcionalidade do sistema poroso.

**AGRADECIMENTOS:** A UFRGS, aos professores e bolsistas do programa de Pósgraduação em Ciência do Solo pela disponibilização de instalações, equipamentos e ajuda nas análises do experimento. Ao Grupo de Pesquisa Relação Solo-Máquina (GPRSM). Projetos de Pesquisa UFRGS sob registros nº 35757 e nº 36361. À CAPES, pela bolsa de estudo do sexto autor.

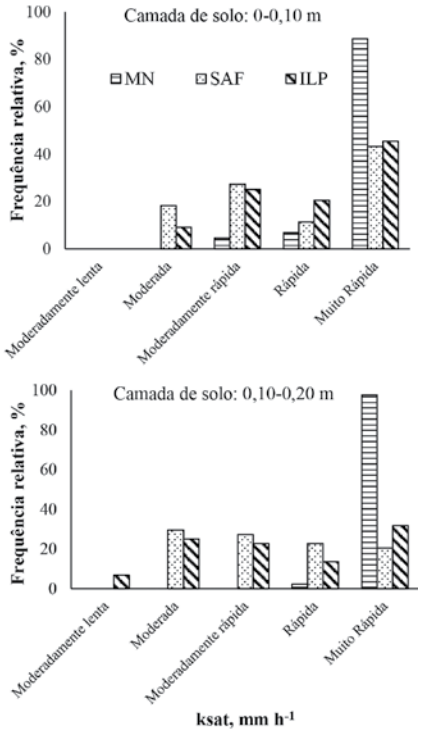



**Figura 4**. Distribuição da condutividade hidráulica do solo saturado, ksat, em um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa, MN, sistema agroflorestal, SAF, e sistema integração lavourapecuária, ILP, em São Francisco de Paula-RS. Classificação (Reichardt, 1978): moderadamente lenta ($5 \leq 20$ mm $h^{-1}$); moderada ($20 \leq 60$ mm $h^{-1}$); moderadamente rápida ($60 \leq 120$ mm $h^{-1}$); rápida ($120 \leq 180$ mm $h^{-1}$) e muito rápida (> 180 mm $h^{-1}$).

## REFERÊNCIAS

Amoozegar A. Comparison of the glover solution with the simultaneous-equations approach for measuring hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal. 1989; 53: 1356-1361.

Bagarello V, Iovino M, Elrick D. A simplified fallinghead technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, v. 68, p. 66-73, 2004.

Brady NC, Weil RR. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 704.

Camargo OA, Moniz AC, Jorge JA, Valadares JMAS. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico; 2009. (Boletim Técnico, 106).

Glantz SA, Slinker BK. Primer of applied regression and analysis of variance. New York: McGraw-Hill, 1990.

Klein, VA. Física do solo. 3.ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2014.

Payton ME, Miller AE, Raun WR. Testing statistical hypothesis using standard error bars and confidence intervals. Commun Soil Sci Plant Anal. 2000; 31:54751.

Reichardt K. A água na produção agrícola. São Paulo. Mc Graw-Hill. 1978. p. 120.

Reichert, JM, Suzuki LEAS, Reinert DJ, Horn R,

Hakansson I. Reference bulk density and critical degreeof-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. Soil Till. Res., 102:242-254, 2009.

Reynolds WD, Elrick DE, Youngs EG, Amoozegar A, Booltink HWG, Bouma J. Saturated and field--saturated water flow parameters. In: Dane JH, Topp GC (eds) Methods of soil analysis, part 4. Soil Science Society of America, Inc., Madison, 2002; p. 797-801.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PCdo, Giasson E, Pinto LFS. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RSASCAR, 2018.

Trein CR, Cogo NP, Levien R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. R. Bras. Ci. Solo. 1991; 15:105-111.

Veloso HP, Filho ALRR, Lima JCA. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE; 1991.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Curvas de retenção e dinâmica da água em substratos agrícolas

Gabriel da Costa Follmer[1]; Claiton Schneider[1]; Leticia Lanfredi[1]; Marcio Luis Vieira[2]

[1] Graduando do Curso de Agronomia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-IFRS, Campus Sertão; RST 35 Km 25 – Distrito de Eng. Luiz Englert, Sertão, Rio Grande do Sul, CEP: 99170-000; e-mail: gabriel.follmer00@gmail.com, claiton.schneider.cs@gmail.com , letilanfredi@gmail.com; [2] Professor e Pesquisador; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-IFRS, Campus Sertão; e-mail: marcio.vieira@sertao.ifrs.edu.br

## INTRODUÇÃO

Substrato é todo material poroso que proporciona ancoragem e suficientes níveis de água e oxigênio para as plantas (VENCE, 2008). O fornecimento satisfatório de água é extremamente importante. A falta ou o excesso de água pode limitar o desenvolvimento das plantas. Para isso é realizada a prática de irrigação.

O excesso na frequência de irrigação eleva o custo de produção, causa lixiviação de nutrientes, prolonga o tempo para o desenvolvimento das plantas, aumentando o gasto com insumos, equipamentos e mão de obra, além de gerar consideráveis perdas ambientais (CARVALHO, 2013).

Para a determinação da frequência de irrigação, devem ser consideradas a condição ambiental, a planta e as características do substrato. Existe grande diversidade de substratos disponíveis, uma vez que não há padronização dos possíveis materiais (ABAD, 1991).

O conhecimento das características físico-hídricas dos substratos é importante para a tomada de decisão no manejo de irrigação, bem como para a escolha do substrato e formulação de novos materiais, por agricultores e técnicos.

Para Fermino (2014), as principais propriedades físico-hídricas consideradas da análise de um substrato são: porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR).

Neste contexto o presente trabalho, tem por objetivo, construir as curvas de retenção de água, avaliar AFD, AT, AR, além de densidade de substrato (DS) e porosidade total (PT), em diferentes substratos disponíveis no mercado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2019, no Laboratório de Manejo de Água e Solo (LAMAS) do IFRS-Campus Sertão, no município de SertãoRS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, contendo seis tratamentos e quatro repetições cada. Os tratamentos (T1 a T6) foram: turfa canadense (T1), fibra de coco (T2), carolina padrão (T3), TN Gold (T4), casca de arroz carbonizada (T5) e misto (T6), definidos perante levantamento de mercado regional.

Para a determinação da densidade do substrato (DS), que é afetada pela forma de armazenamento e empacotamento, variando durante o cultivo devido à acomodação das partículas, foi utilizada a metodologia descrita por Klein et al. (2000), que consiste em promover a acomodação do substrato nos anéis volumétricos através

de ciclos de umedecimento e secagem. Foram sobrepostos dois anéis, ambos preenchidos de substratos e saturados com água, após foram submetidos à tensão 10 kPa, este procedimento foi repetido por três vezes, não havendo a partir desse ponto alteração de volume. Após a acomodação, a DS foi calculada pela relação massa do substrato seco/volume do cilindro.

Os anéis inferiores com os volumes ajustados foram saturados e submetidos às tensões de 1kPa, 5kPa e 10kPa, com a utilização de funis de Haynes (CÁSSARO et al., 2008), assim foi calculada a umidade volumétrica (UV) resultante das diferentes tensões. A partir dos valores de UV, foram calculados AFD, AT e AR. O valor de AR foi obtido pela UV a 10kPa (UV10kPa), AFD equivale a subtração de UV na tensão 1kPa pela UV na tensão 5kPa (AFD= UV1kPa – UV5kPa) e AT foi calculado a partir da subtração da UV na tensão 5kPa pela UV em 10kPa (AT=UV5kPa – Uv10kPa).

Para determinação da porosidade total (PT) foi utilizada a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997). A Densidade dos Sólidos (DS) foi determinada através do método do balão volumétrico e com o uso de álcool anidro 99,5% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias se significativas comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à DS (**Tabela 1**), todos os substratos apresentaram densidade satisfatória, que, segundo Carrijo e Liz (2008), variam de 0,10 g.cm$^{-3}$ até 1,00 g.cm$^{-3}$

Apenas TN Gold apresentou PT (**Tabela 1**) em nível satisfatório. Para Carrijo, Makishima e Liz (2002) um substrato utilizado no cultivo de hortaliças pode apresentar porosidade total acima de 85% do volume. A fração de 85% de PT é tomada como ideal para cultivo de plantas em substrato (DE BOOT; VERDONCK, 1972; GRASSI FILHO; SANTOS, 2004). PT tende a reduzir ao decorrer do cultivo, devido a acomodação das partículas (FERMINO, 2014).

Para AT (**Tabela 2**), apenas TN Gold e Turfa Canadense apresentaram volumes condizentes com a bibliografia de De Boot e Verdonck (1972), em que o valor referência é em torno de 4 a 10%.

Klein et al. (2000) ressaltam a importância da AFD para o bom desenvolvimento das plantas. Todos os substratos apresentaram AFD (**Tabela 2**) superior ao proposto por Fermino (2014), que aponta o percentual de 20 a 30% como ideal. Em posteriores misturas, há a possibilidade de reduzir o volume de AFD, se necessário para elevar outros fatores.

**Tabela 1.** Densidade de substrato (DS) e Porosidade Total (PT) em diferentes substratos.

| Substrato | DS | PT |
|---|---|---|
| | ------g.cm$^{-3}$---------- | ----------%--------- |
| Turfa Canadense | 0,14 c[(1)] | 82,68 b |
| Fibra de Coco | 0,11 d | 82,38 b |
| Carolina Padrão | 0,18 b | 82,28 b |
| TN Gold | 0,19 b | 85,63 a |
| Casca de Arroz | 0,23 a | 76,18 d |
| Misto | 0,23 a | 78,77 c |
| CV (%) | 3,9 | 0,85 |

[(1)]Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto a AR (**Tabela 2**), apenas Fibra de Coco apresentou volume ideal de acordo com a literatura. O volume para a fração de AR deve estar entre 25% a 30% do volume do substrato (VERDONCK & GABRIELS, 1988).

Tabela 2. Água facilmente disponível (AFD), á gua tamponante (AT) e água remanescente (AR) em diferentes substratos.

| Substrato | AFD | AT | AR |
|---|---|---|---|
| | ----------%---------- | | |
| Turfa Canadense | 50,56 b[(1)] | 3,57 ab | 35,80 b |
| Fibra de Coco | 45,56 bc | 2,36 bc | 25,77 c |
| Carolina Padrão | 47,66 bc | 0,08 d | 42,21 a |
| TN Gold | 47,57 bc | 4,56 a | 42,89 a |
| Casca de Arroz | 67,84 a | 0,85 cd | 16,28 d |
| Misto | 42,80 c | 1,39 cd | 43,03 a |
| CV (%) | 4,83 | 36,23 | 3,20 |

[(1)]Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A curva de retenção de água, permite programar o manejo de irrigação, na medida que pode determinar a quantidade de água a ser aplicada (FERMINO, 2002).

A curva de retenção de água deixa claro a superioridade do substrato TN Gold em AFD e AT, as frações fornecedoras de água às plantas, enquanto substratos como Fibra de Coco e Casca de Arroz Carbonizada tem valores muito baixos, necessitando de maior frequência de rega ou participarem de misturas com outros materiais.

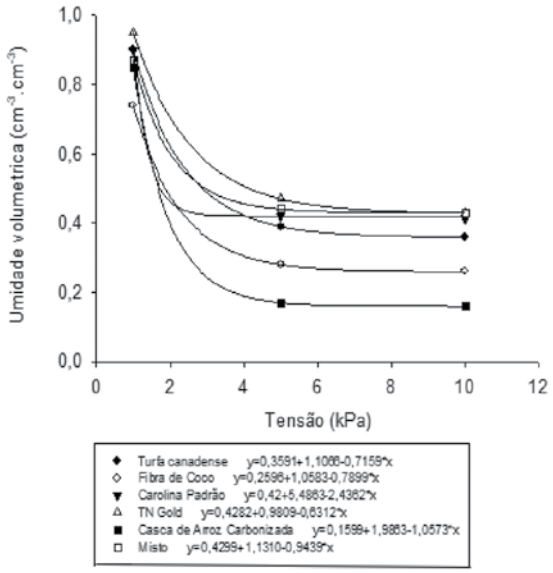



Figura 1. Curvas de retenção de água.

## CONCLUSÕES

Apenas TN Gold e Turfa Canadense apresentaram AT em níveis satisfatórios.

As informações obtidas podem auxiliar na escolha dos substratos, formulação de novos materiais e no manejo de irrigação.

Recomenda-se a adição de condicionadores aos substratos: fibra de coco, casca de arroz carbonizada e trufa canadense que apresentaram baixa retenção de água.

**AGRADECIMENTOS:** Ao IFRS Campus Sertão pela concessão da bolsa de pesquisa. Ao grupo de pesquisa e ao professor orientador Dr. Marcio Luis Vieira pelo apoio e ensinamentos.

## REFERÊNCIAS

Abad M. Los sustratos hortícolas y técnicas de cultivo sinsuelo. In: Rallo L, Nuez F. La horticultura Españolaenla C.E, Réus: Horticultura S.L., p. 271-280, 1991.

Carrijo O A, Liz RS. Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças. Brasília: Embrapa, 83p, 2008.

Carrijo O A, Makishima N, Liz RS. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 20, p. 533-535, 2002.

Carvalho RP, Cruz MDC, Martins LM. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.

Cassaro FAM, Pires LF, Santos RA, Giménez D, Reichardt K. Funil de Haines modificado: curvas de retenção de solos próximos à saturação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n.6, p. 2555-2562, 2008.

De Boot M, Verdonck O. The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae, The Hague, v.26, p. 37-44, 1972.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. . 212 p. Rio de Janeiro. 1997.

Fermino MH. Substratos: Composição, caracterização e métodos de análise. Guaíba: Agro Livros, 111 p., 2014.

Grassi Filho H, Santos CH. Importância da relação entre fatores hídricos fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: Encontro Nacional Sobre Substratos Para Plantas, Viçosa, UFV, 4., 2004.

Klein VA et al. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. Revista Brasileira de Agro-ciência, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 218-221, 2000.

Vence LB. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo,** v.26, p.105-114, 2008. Verdonck O, Gabriëls R. Substrate Requirements For Plants. Acta Hortic. 221, 19-24 DOI: 10.17660/ActaHortic.1988.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Disponibilidade de água e atributos físicos do solo em sistemas de manejo para a cultura da canola

Larissa Werle[1]; Bruna Vicente[2]; Estéfany Pawlowski[2]; Isabela Friedrich Ribas[2]; Raquel Luana Heck[3]; Douglas Rodrigo Kaiser[4]

[1]Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, Rua Senador Pinheiro Machado, 288, Cerro Largo-RS, CEP 97900-000, larissawerle@hotmail.com; [2]Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo; [3]Engenheira Agrônoma, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo; [4]Prof. Dr. em Ciência do Solo, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo.

## INTRODUÇÃO

A diversificação de culturas no sistema de produção agrícola do sul do Brasil é um dos fatores fundamentais para viabilizar e restaurar o sistema plantio direto. Atualmente, os monocultivos são predominantes, resultando em produção insuficientes de biomassa vegetal. As consequências disso, são a redução dos teores de matéria orgânica do solo, aumento do nível de compactação, redução da infiltração de água e aumento das perdas de água e solo por escoamento superficial (DENARDIN et al 2014).

O processo de compactação do solo tem sido um dos principais problemas de degradação dos solos agrícolas sob plantio direto, sendo resultante da ausência de rotação e diversificação de culturas e do tráfego de máquinas agrícolas em condições de solo com alta umidade (REICHERT et al., 2007). Na região das missões do Rio Grande do Sul, um diagnóstico realizado em diversas propriedades rurais ligadas ao sistema cooperativo indicou que os problemas de compactação do solo atingem 69% das propriedades e a diversificação de culturas está presente apenas em 10 a 39% das propriedades com nível tecnológico baixo a alto (FIORIN et al., 2007). A escarificação do solo tem sido a principal forma utilizada para reduzir o nível de compactação do solo, mas seu efeito de forma isolada assume efeitos temporários (DRESCHER et al., 2011).

A cultura da canola (Brassica napus L.) tem sido uma das alternativas para cultivo no período de outono/inverno e por ser uma cultura em processo de expansão, pouco se sabe sobre os efeitos dos atributos físicos do solo sobre o seu desempenho produtivo a campo (TOMM, 2009). Dessa forma, o principal objetivo desse estudo, foi avaliar o efeito de diferentes tipos de preparo e níveis de compactação do solo sobre os atributos físicos do solo, armazenamento de água e o desempenho produtivo da cultura da canola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na região das Missões do RS em um Latossolo Vermelho, com 583,2 g kg de argila; 92,7 g kg de areia e 324,02 g kg de silte na camada de 0 a 30 cm. A densidade de partículas média desse solo é de 2,81 Mg $m^{-3}$. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, e parce-

las de 10 x 10 m. Os tratamentos utilizados correspondem a: Plantio Direto (PD); Plantio Direto com tráfego Adicional (PDc); Plantio direto sobre área anteriormente sob cultivo mínimo (ESC 2014); Cultivo mínimo com escarificação e gradagem niveladora (ESC 2015). A escarificação da área foi realizada em outubro de 2014 antes da implantação da cultura do Girassol (ESC 2014) e no dia 30 de abril de 2015 (ESC 2015) com o escarificador de 5 garras. O processo de compactação adicional do solo nas parcelas (PDc) foi realizado no dia 07 de maio de 2015, por meio de passadas paralelas de um trator com massa de 3880 kg.

No dia 21 de maio de 2015 foi implantada a cultura da canola (*Brassica napus L.*), variedade foi a DIAMONT. A densidade de semeadura foi de 72 sementes por $m^2$, com espaçamento entre linhas de 0,17 m. A adubação foi realizada com base em análise química do solo realizada na área.

Para avaliar o efeito dos níveis de preparo e compactação do solo sobre a densidade, porosidade (total, macro e microporosidade), foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade. Essas coletas foram realizadas com anéis de aço inox e as análises feitas conforme metodologia descrita em Teixeira et al., (2017). O grau de compactação foi calculado dividindo-se a densidade de cada camada pela densidade máxima que esse solo pode atingir. A densidade máxima do solo utilizada para calcular o grau de compactação foi de 1,53 Mg $m^{-3}$, e foi determinada por ensaio de compressão uniaxial em outros estudos (dados não publicados).

A umidade do solo foi monitorada ao longo do ciclo da cultura, com aparelho TDR (Time Domain Reflectometry) e em cada parcela instalou-se uma sonda nos primeiros 0,20 m do solo. Essas sondas permaneceram instaladas até a colheita da cultura.

Com os dados de umidade do solo, calculou-se o armazenamento de água disponível (CAD) para as plantas, considerando a umidade obtida ($\theta_{ob}$) em cada avaliação, a umidade do solo no ponto de murcha permanente ($\theta_{PMP}$) e a profundidade (P) de medida da umidade, conforme equação abaixo.

$$CAD = (\theta_{ob} - \theta_{PMP}) \times P$$

A umidade do solo no ponto de murcha permanente para o solo em estudo é de 0,18 $m^3m^{-3}$, e corresponde ao potencial de -1500 kPa obtido da curva de retenção de água, que foi determinada em outros estudos (dados não publicados).

A porosidade de aeração foi calculada pela diferença entre a porosidade total da camada de 0,20 m e a umidade volumétrica medida ao longo do ciclo da cultura.

A produtividade de grãos foi avaliada na maturação fisiológica, colhendo-se uma área de 6 $m^2$ em cada parcela, posteriormente ensacadas e levadas até o laboratório para debulha manual e determinação da umidade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de significância. Utilizou-se o programa SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escarificação realizada antes da semeadura da canola (ESC 2015) reduziu a densidade e o grau de compactação e aumentou a porosidade total e a macroporosidade do solo nos primeiros 10 cm. A microporosidade não foi alterada. O efeito da escarificação realizada 11 meses antes das avaliações desapareceu, indicando que ocorreu a reconsolidação do solo (DRESCHER et al., 2011).

O tráfego adicional sobre o solo (PDc) não provocou alterações significativas na densidade

e porosidade do solo, o que mostra que o plantio direto da área (PD) está consolidado e apresenta maior resistência a pressões externas. Os valores de densidade do solo ficaram abaixo 1,4 Mg $m^{-3}$ e o grau de compactação abaixo de 90% em todos os tratamentos, e não indicam restrições físicas as raízes em solos argilosos (REICHERT et al., 2007).

A umidade do solo e a água disponível foram maiores nas áreas sob plantio direto (PD e PDc) em relação a área escarificada antes da semeadura (ESC2015) na maior parte do ciclo da cultura (Figuras 1 e 2). A escarificação realizada 11 meses antes (ESC2014) foi significativamente menor em relação a área sob plantio direto trafegado (PDc).

A escarificação antecipada (ESC2014) teve um comportamento semelhante ao plantio direto consolidado da área (PD). A menor retenção e disponibilidade de água verificada na área escarificada antes da semeadura é decorrente das alterações na estrutura do solo, principalmente pelo aumento na quantidade de macroporos, que retém menos água (KAISER et al., 2013). Além disso, com a escarificação ocorre a incorporação parcial dos resíduos vegetais da superfície do solo, favorecendo as perdas por evaporação.

A porosidade de aeração variou em função dos ciclos de umedecimento e secagem do solo e foi significativamente afetada pela escarificação do solo, mostrando que o efeito do aumento na quantidade de poros totais e de macroporos do solo pode facilitar as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (Figura 3).

Nas áreas sob plantio direto, a porosidade de aeração ficou abaixo de 0,10 $m^3m^{-3}$ dos 20 aos 60 dias após a semeadura, o que em culturas sensíveis pode reduzir a aeração da rizosfera e comprometer a respiração das raízes, afetando negativamente o desempenho produtivo das plantas (KAISER et al., 2013).

Tabela 1. Densidade do solo, porosidade e grau de compactação em sistemas de manejo.

| Camada (cm) | PDC | PD | ESC 2015 | ESC 2014 |
|---|---|---|---|---|
| | Densidade do solo (g $cm^{-3}$) | | | |
| 0 - 10 | 1,31a | 1,30a | 1,10b | 1,26a |
| 10 - 20 | 1,34a | 1,38a | 1,31a | 1,37a |
| 20 - 30 | 1,33a | 1,27a | 1,34a | 1,29a |
| | Porosidade Total ($cm^3cm^{-3}$) | | | |
| 0 - 10 | 0,53b | 0,54b | 0,61a | 0,55b |
| 10 - 20 | 0,53a | 0,51a | 0,53a | 0,51a |
| 20 - 30 | 0,53a | 0,55a | 0,53a | 0,54a |
| | Microporosidade ($cm^3cm^{-3}$) | | | |
| 0 - 10 | 0,44a | 0,43a | 0,41a | 0,42a |
| 10 - 20 | 0,42a | 0,41a | 0,43a | 0,43a |
| 20 - 30 | 0,44a | 0,42a | 0,45a | 0,41a |
| | Macroporosidade ($cm^3cm^{-3}$) | | | |
| 0 - 10 | 0,09b | 0,11b | 0,20a | 0,14ab |
| 10 - 20 | 0,10a | 0,10a | 0,11a | 0,09a |
| 20 - 30 | 0,09 a | 0,13a | 0,08a | 0,13a |
| | Grau de compactação (%) | | | |
| 0 - 10 | 85,46a | 85,02a | 72,03b | 82,34a |
| 10 - 20 | 87,25 a | 89,07a | 85,58a | 89,71a |
| 20 - 30 | 87,02a | 82,73a | 87,23a | 84,53a |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As condições estruturais do solo alteraram a retenção e disponibilidade de água no solo assim como a porosidade de aeração, mas não influenciaram o desempenho da cultura da canola e a produtividade não teve efeito significativo dos níveis de compactação e da escarificação do solo (Tabela 2), pois a disponibilidade de água e aeração da rizosfera que são fatores físicos que afetam diretamente as plantas (LETEY, 1985) ficaram dentro de limites adequados para as plantas ao longo de todo o ciclo (KAISER et al, 2013).

Tabela 2. Produtividade da canola em diferentes sistemas de manejo.

| PDC | PD | ESC 2015 | ESC 2014 |
|---|---|---|---|
| Produtividade (kg $ha^{-1}$) | | | |
| 2,12a | 2,11a | 2,19a | 2,19a |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## CONCLUSÕES

A escarificação do solo antes da semeadura da canola reduziu a densidade e aumentou a porosidade do solo, mas reduziu a retenção e disponibilidade de água para as plantas;

A escarificação se mostrou desnecessária em plantio direto onde o grau de compactação esteja abaixo de 90%;

O tráfego adicional do trator agrícola não comprometeu a estrutura do solo;

Os efeitos da escarificação sobre a densidade e porosidade desapareceram após 11 meses a execução, mas os efeitos sobre porosidade de aeração e a retenção de água no solo persistiram.

A produtividade da cultura da canola não foi afetada pelos níveis de compactação encontrados, pois a disponibilidade de água e a porosidade de aeração se mantiveram dentro de níveis adequados para a cultura ao longo do ciclo.

## REFERÊNCIAS

Denardin JE, Kochhann, RA, Cogo, NP. Situação e necessidades da pesquisa em erosão e conservação do solo e da água na região Sul. In: Leite LFC, Maciel GA, Araújo ASF, editors. Agricultura Conservacionista no Brasil. Brasília: Embrapa; 2014. p. 23-41.

Drescher MS, Eltz FLF, Denardin JE, Faganello A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. R. Bras Ci do Solo. 2011; 35:1713-1722.

Fiorin JE, Schnell A, Ruedell, J. Diagnóstico das propriedades rurais na região de abrangência das cooperativas COOPATRIGO, COOPEROQUE, COTAP, COTRISA, COTRISSAL e TRITICOLA. 1nd ed. Passo Fundo, RS: Editora Berthier; 2007.

Kaiser DR, Rodrigues MF, Reichert JM, Reinert DJ, Horn R, Fleige H, Brandt AA. Soil physical capacity and intensity properties for achieving sustainable agriculture in the subtropics and tropics: a review. In: Krümmelbein J, Horn R, Pagliai M, editors. Soil degradation. Advances in Geoecology; 2013. p. 282-339.

Letey J. Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production. Adv Soil Scince; 1985 p. 277-294.

Reichert JM, Suzuki LEAS, Reinert DJ. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM, editors. Tópicos Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 49-134.

Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG, editors. Manual de métodos de análise de solo – 3 ed revisada e ampliada. Brasília, DF: 2017.

Tomm GO, Wiethölter S, Dalmago GA, Santos HP. Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo - Embrapa Trigo; 2009. (Documento 92).

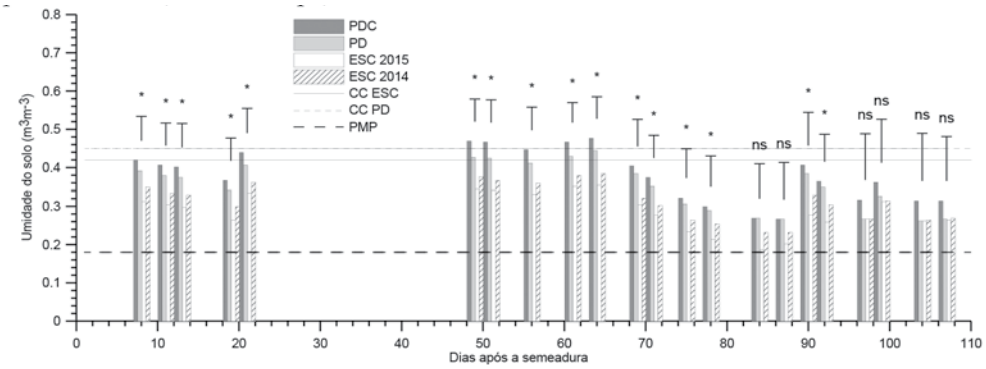



Figura 1 - Variação da Umidade volumétrica (m3m-3) do solo ao longo do ciclo da canola em diferentes sistemas de manejo. Barras verticais comparam valores de umidade do solo pelo teste de Tukey a 5 %. (ns: não-significativo; *: significativo).

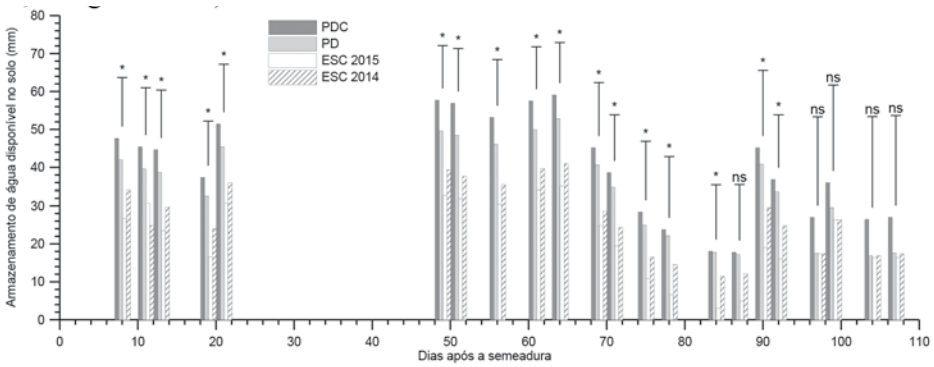



Figura 2 - Variação da lâmina de água disponível no solo (mm) ao longo do ciclo da canola em diferentes sistemas de manejo. Barras verticais comparam valores de umidade do solo pelo teste de Tukey a 5 %. (ns: não-significativo; *: significativo).

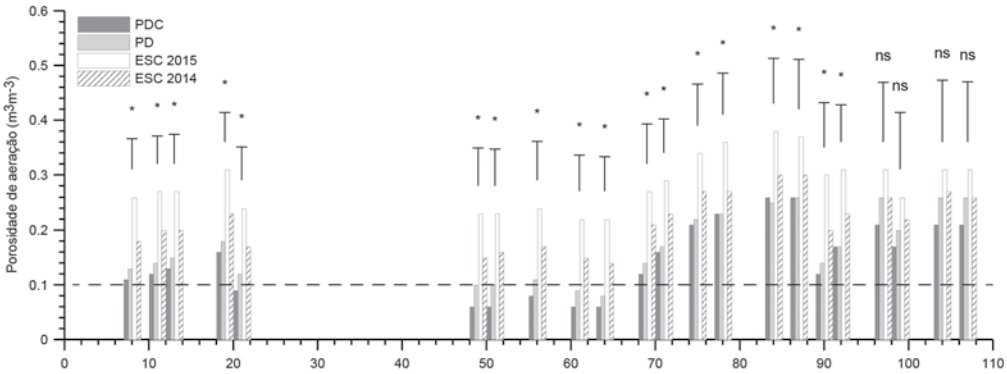



Figura 3 – Porosidade de aeração do solo (m3m-3) ao longo do ciclo da canola em diferentes sistemas de manejo. Barras verticais comparam valores de umidade do solo pelo teste de Tukey a 5 %. (ns: não-significativo; *: significativo).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Impactos da colheita de milho para silagem sobre atributos físicos do solo

Isabela Friedrich Ribas[1]; Bruna Vicente [2]; Estéfany Pawlowski[2]; Larissa Werle[2]; Christian Menuzzo Machado[3]; Douglas Rodrigo Kaiser[4]

[1]Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, Rua Senador Pinheiro Machado, 372, apartamento 209, Cerro Largo, RS, 97900000, isabelafriedr@hotmail.com; [2]Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul; [3]Engenheiro agrônomo, Universidade Federal da Fronteira Sul; [4]Professor, Universidade Federal da Fronteira Sul

## INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é uma das principais atividades de pequenas e médias propriedades do Noroeste do Rio Grande do Sul (RS), sendo responsável por gerar renda e manter uma cadeia produtiva que contribui para o desenvolvimento regional (LUCCA; AREND, 2019). Entretanto, a necessidade de aumentar a escala produtiva tem levado muitas propriedades a intensificar o sistema de produção, levando a degradação do solo e o aumento dos custos de produção.

A pequena área de terra disponível e a sazonalidade das forrageiras destinadas ao pastoreio tem gerado um período de "vazio forrageiro", com pouca oferta em quantidade e qualidade de alimentos volumosos para alimentação animal (TEIXEIRA et al., 2011). Como alternativa, a silagem de milho de planta inteira tem sido utilizada na maioria das propriedades, garantindo alimento de qualidade para os animais nos períodos de menor disponibilidade de pasto (NEUMANN et al., 2019).

No entanto, a retirada de toda a biomassa vegetal do milho, promove maior exportação de nutrientes do que aquela exportada pelos grãos (UENO et al., 2011) e deixa o solo sem cobertura. Além disso, no processo de colheita do milho para a silagem, as áreas são intensamente trafegadas pelo conjunto de maquinário utilizado. Segundo Duttmann et al. (2014), cerca de 60 a 70% da área é trafegada durante a colheita de milho para silagem, o que aumenta o potencial do solo em ser compactado, principalmente quando o mesmo apresenta alta umidade (STRECK et al., 2004). Ademais, a ausência de resíduos vegetais na superfície também favorece o processo de compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas (HOLTHUSEN et al., 2018).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto do tráfego de máquinas durante a colheita de milho para silagem, em diferentes condições de umidade do solo, sobre atributos físicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na região das Missões do RS em um Latossolo Vermelho, com 583,2 g kg de argila; 92,7 g kg de areia e 324,02 g kg de silte na camada de 0 a 30 cm. A densidade de partículas média desse solo é de 2,81 Mg

$m^{-3}$. A área foi cultivada com milho em janeiro de 2016, em semeadura direta. Quando a cultura estava no ponto adequado para colheita (março de 2016), após a ocorrência de uma chuva de 61,3 mm entre os dias 24 e 28/03/2016 iniciou-se a colheita do milho para ensilagem. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se nas diferentes condições de umidade do solo durante a colheita do milho, representada pelos dias após a ocorrência da chuva e uma testemunha: D1 – colheita um dia após a chuva; D2 – colheita dois dias após a chuva; D3 – colheita três dias após a chuva; D4 – colheita quatro dias após a chuva; e TEST – área sem ocorrência de colheita.

O maquinário agrícola foi composto de trator agrícola New Holland modelo TL 75 equipado com concha frontal marca Stara modelo PAD 500, ensiladora de forragem marca Netz modelo Brava 300 e carreta agrícola marca Kohler modelo KLR CA 5.5 com capacidade de carga de 5500 kg. No momento do tráfego foi usada dentro da carreta agrícola uma massa adicional de 2250 kg que resulta em 50% da capacidade de carga.

As linhas de semeadura estavam dispostas num espaçamento de 0,5 metros, sendo necessário o corte de sete linhas de milho em cada tratamento para que os rodados do conjunto percorressem o mesmo local por duas vezes, assemelhando-se a condições reais de tráfego que ocorrem nas áreas de milho durante a colheita para produção de silagem nas propriedades rurais.

No momento de cada colheita realizou-se a coleta de amostras deformadas de solo nas camadas de 0-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,3m para a determinação da umidade gravimétrica (Ug) e para determinação dos limites de plasticidade e liquidez do solo, conforme metodologia descrita em Teixeira et al. (2017).

Para avaliar o efeito do tráfego de máquinas sobre a densidade, porosidade (total, macro e microporosidade), foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, após a última colheita do milho, nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade. Essas coletas foram realizadas com anéis de aço inox com 6 cm de diâmetro e 4 cm de altura e as análises feitas de acordo com os métodos retratados por Teixeira et al., (2017). O grau de compactação foi calculado dividindo-se a densidade de cada camada pela densidade máxima que esse solo pode atingir. A densidade máxima do solo utilizada para calcular o grau de compactação foi de 1,53 Mg $m^{-3}$ e foi determinada por ensaio de compressão uniaxial.

A resistência do solo à penetração foi determinada por meio de um penetrômetro automático portátil da marca Falker modelo Solo Track com cone de penetração número dois. As medidas foram realizadas em cinco pontos por tratamento, a cada 1 cm de profundidade, até a profundidade de 30 cm. Também, realizou-se a coleta de solo nas camadas de 0-0,1, 0,1-0,2 e 0,20,3m de profundidade para a determinação da Ug.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tráfego do conjunto de colheita de silagem (trator + ensiladora + carreta) aumentou o estado de compactação nos primeiros 0,10 m do solo em todos os dias em que foi realizada a colheita. A pressão gerada pelos pneus sobre o solo gerou tensões que aproximaram as partículas do solo aumentando significativamente a densidade do solo e o grau de compactação do solo e reduzindo a porosidade total e a quantidade de macroporos do solo na camada superficial (Tabela 1).

A umidade do solo nos dias que ocorreu a colheita variou de 0,294 g $g^{-1}$ até 0,281 g $g^{-1}$ (Figura 1) e ficou próximo da umidade do limite de plasticidade (0,316 g $g^{-1}$). Nessas condições de umidade, as partículas do solo têm mais facilidade para se reorganizarem quando recebem alguma pressão externa (SILVA et al., 2000), o que faz com que os agregados sejam rompidos e as partículas aproximadas, reduzindo o espaço poroso e aumentando a densidade e o grau de compactação do solo (REICHERT et al., 2007).

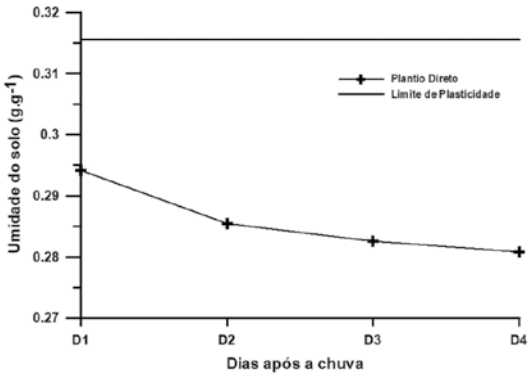



Figura 1. Umidade gravimétrica do solo nos dias em que foi realizada a colheita do milho para silagem.

A resistência do solo a penetração aumentou significativamente até os 0,18 m em todos os dias em que foi realizada a colheita (Figura 2), mesmo que a umidade do solo não tenha variado muito ao longo do perfil (Figura 3). Esse aumento significativo pode ser atribuído aumento da densidade do solo (SILVA et al., 2000).

Os valores de densidade do solo ficaram acima de 1,4 Mg $m^{-3}$ e o grau de compactação acima de 90% nos primeiros 0,10 m do solo, nos locais com trafego de máquinas para colheita, o que pode comprometer o crescimento das raízes das plantas e limitar a infiltração da água em solos argilosos (REICHERT et al., 2003). A maior produtividade de grãos é obtida com valores de grau de compactação próximos a 85% (SUZUKI et al., 2007), que era a condição da área antes da colheita do milho (Tabela 1).

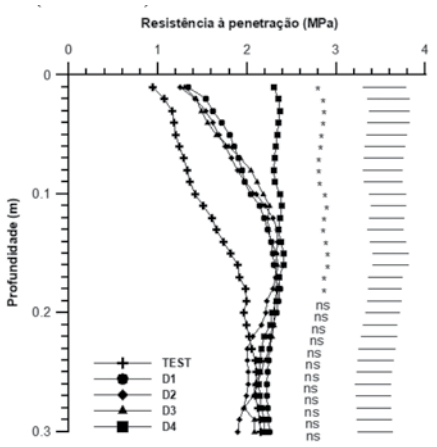



Figura 2. Resistência do solo à penetração ao longo do perfil do solo. Barras horizontais comparam valores de resistência do solo pelo teste de Tukey a 5 %. (ns: não-significativo; *: significativo)

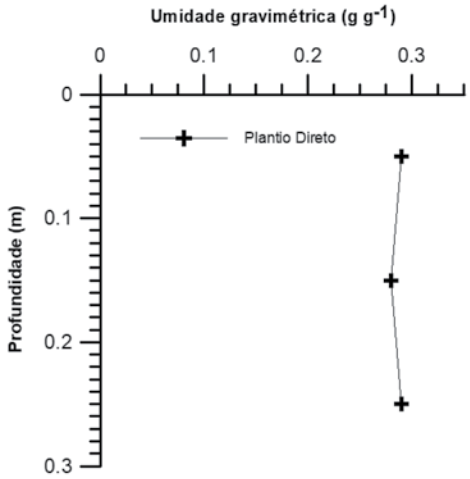



Figura 3. Umidade gravimétrica do solo no momento da avaliação da resistência a penetração.

A redução acentuada da quantidade de macroporos no solo limita a porosidade de aeração do solo (KAISER et al., 2013), o que reduz as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, diminuindo a concentração de oxigênio no solo e criando um ambiente de anaerobiose que pode prejudicar o desenvolvimento radicular e a atividade biológica do solo (ASADY; SMUCKER, 1989).

Nas camadas de 0,10 a 0,20 m e de 0,20 a 0,30 m não ocorreu alterações significativas na densidade e porosidade do solo, podendo isso

ser atribuído ao elevado estado de compactação que essa camada já apresentava, o que torna o solo mais resistente as pressões e tensões geradas pelos pneus das máquinas agrícolas (SILVA et al., 2000; REICHERT et al., 2007). Em contrapartida, a resistência do solo à penetração se mostrou mais sensível, indicando que o tráfego nos dias de colheita alterou a estrutura do solo nas camadas de 0,10 a 0,20 m (Figura 2).

O tráfego de máquinas na colheita do milho para a silagem comprometeu a qualidade do solo em todos os dias de colheita, após a ocorrência de uma chuva de 60 mm, pois a umidade ainda estava próxima do limite de plasticidade, onde a suscetibilidade à compactação é maior. Os valores de densidade, porosidade e grau de compactação são considerados limitantes para as plantas para esse solo (REICHERT et al., 2007; CAMARA; KLEIN, 2005). Dessa forma, novos estudos devem ser realizados, para avaliar o efeito de condições de umidade do solo mais baixas, sobre a suscetibilidade do solo à compactação, visando encontrar uma condição de umidade onde o solo resiste as pressões aplicadas e mantém os seus atributos físicos dentro de limites que não sejam prejudiciais às plantas.

## CONCLUSÕES

A pressão causada pelo tráfego de rodados do conjunto promoveu mudanças nos atributos físicos na camada superficial do solo (0 a 0,10 m), aumentando a densidade e o grau de compactação acima de limites considerados ideais ao crescimento das raízes das plantas.

A porosidade total e a quantidade de macroporos foram reduzidos pela compactação ocasionada pelo tráfego de máquinas durante a colheita.

A resistência do solo a penetração mostrou maior sensibilidade em detectar o efeito do tráfego sobre o solo, sendo maior até os 0,18 m onde ocorreu a colheita do milho.

Quando a umidade do solo está próxima ao limite de plasticidade não se recomenda realizar a colheita de milho para silagem em solos argilosos.

## REFERÊNCIAS

Asady GH, Smucker AJM. Compaction and Root Modifications of Soil Aeration. Soil Sci. Soc. Ame. J. 1989; 53:251-254.

Camara RK, Klein VA. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. Ciênc Rural. 2005; 35:813-819.

Duttman R, Schwanebeck M, Nolde, M, Horn R. Predicting soil compaction risks related to field traffic during silage maize harvest. Soil Sci. Soc. Am. J. 2014; 78:408-421.

Holthusen D, Brandt A, Reichert JM, Horn R, Fleige H, Zink, A. Soil functions and in situ stress distribution in subtropical soils as affected by land use, vehicle type, tire inflation pressure and plant residue removal. Soil Till. Res. 2018; 184: 78-92.

Kaiser DR, Rodrigues MF, Reichert JM, Reinert DJ, Horn R, Fleige H, Brandt AA. Soil physical capacity and intensity properties for achieving sustainable agriculture in the subtropics and tropics: a review. In: Krümmelbein J, Horn R, Pagliai M, Editors. Soil degradation. Advances in Geoecology. 2013. p. 282-339.

Lucca EJ, Arend S. A pecuária leiteira e o desenvolvimento da região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. R. Bras Desen Reg. 2019; 7:107-142.

Neumann M, Turco GMS, Faria MV, Vigne GLD. Souza AM. Produção e composição física da planta de milho para silagem em diferentes sistemas de cultivo.

Braz. J. Appl Techn Agricul Science. 2018; 12. 87-97.

Reichert JM, Suzuki LEAS, Reinert DJ. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM, editors. Tópicos Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 49-134.

Silva VR, Reinert DJ, Reichert JM. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. R. Bras Ci Solo. 2000; 24:239-249.

Streck CA, Reinert DJ, Reichert JM, Kaiser DR. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. Ciên Rural. 2004; 34, n. 3, Santa Maria. 2004.

Suzuki LEAS, Reichert JM, Reinert DL, Lima CLR. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. Pesq. agropec.2007; 42:1159-1167.

Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solos. Embrapa, 3 ed. rev. e ampl. 2017.

Ueno RK, Neumann M, Marafon F, Basi S, Rosário JG. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. R. Bras Tecn Aplic Ci Agrárias. 2011; 4:182-203.

**Tabela 1.** Densidade, distribuição de poros e grau de compactação em solo sob plantio direto.

| Camada (m) | TEST | D1 | D2 | D3 | D4 | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Densidade do Solo (Mg m$^{-3}$)** | | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 1,28 b | 1,42 a | 1,44 a | 1,41 a | 1,43 a | 4,66 |
| 0,10 - 0,20 | 1,42 a | 1,44 a | 1,45 a | 1,44 a | 1,45 a | 1,91 |
| 0,20 - 0,30 | 1,36 a | 1,41 a | 1,45 a | 1,44 a | 1,42 a | 3,31 |
| **Porosidade Total (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,54 a | 0,49 b | 0,49 b | 0,50 b | 0,49 b | 4,53 |
| 0,10 - 0,20 | 0,49 a | 0,48 a | 0,48 a | 0,49 a | 0,48 a | 2,13 |
| 0,20 - 0,30 | 0,51 a | 0,50 a | 0,48 a | 0,48 a | 0,49 a | 3,71 |
| **Microporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,40 b | 0,45 a | 0,46 a | 0,46 a | 0,45 a | 4,85 |
| 0,10 - 0,20 | 0,43 a | 0,42 ab | 0,43 a | 0,41 b | 0,42 ab | 2,48 |
| 0,20 - 0,30 | 0,44 a | 0,45 a | 0,44 a | 0,43 a | 0,44 a | 2,34 |
| **Macroporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 0,14 a | 0,04 b | 0,03 b | 0,04 b | 0,05 b | 58,10 |
| 0,10 - 0,20 | 0,06 a | 0,06 a | 0,05 a | 0,08 a | 0,06 a | 22,76 |
| 0,20 - 0,30 | 0,07 a | 0,05 a | 0,05 a | 0,05 a | 0,05 a | 36,86 |
| **Grau de compactação (%)** | | | | | | |
| 0,00 - 0,10 | 84,32 b | 93,52 a | 94,54 a | 92,54 a | 94,06 a | 4,71 |
| 0,10 - 0,20 | 93,32 a | 95,00 a | 95,66 a | 94,64 a | 95,78 a | 1,97 |
| 0,20 - 0,30 | 89,66 a | 92,66 a | 95,30 a | 95,06 a | 93,60 a | 3,26 |

*Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Levantamento e análise de propriedades físico-hídricas de substratos de horta

Claiton Schneider[1]; Gabriel da Costa Follmer[1]; Leticia Lanfredi[1]; Marcio Luis Vieira[2]

[1] Graduando do Curso de Agronomia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-IFRS, Campus Sertão; RST 35 Km 25 – Distrito de Eng. Luiz Englert, Sertão, Rio Grande do Sul, CEP: 99170-000; e-mail: claiton.schneider.cs@gmail.com, gabriel.follmer00@gmail.com, letilanfredi@gmail.com; [2] Professor e Pesquisador; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - (IFRS), Câmpus Sertão; e-mail: marcio.vieira@sertao.ifrs.edu.br

## INTRODUÇÃO

O conhecimento dos substratos disponíveis e suas características físicas e hídricas são de grande valia para a eficiência dos sistemas produtivos.

Segundo Klein et al. (2000), os substratos assumem cada vez maior importância nas áreas de olericultura, floricultura, silvicultura e fruticultura, funcionando principalmente como suporte ao sistema radicular das plantas e mudas em recipientes.

Não existe um material ou uma mistura de materiais considerada universalmente válida como substrato para todas as espécies (ABAD, 1991).

A pesquisa de diferentes materiais visa suprir a demanda de informação, fomentando a produção de novos substratos e o manejo racional do meio produtivo. Principalmente em setores olerícolas e silvícolas, a agricultura dita altamente tecnológica, exige a economia e o bom manejo de água. São características desejáveis nos substratos, o custo, disponibilidade, teor de nutrientes, capacidade de troca de cátions, esterilidade biológica, aeração, retenção de umidade e uniformidade (GONÇALVES, 1995).

A dinâmica da água (solução do solo) e ar nestes substratos é importante para o desenvolvimento das plantas e é afetada pelas características dos materiais que os compõem e por suas propriedades físico-hídricas. Para que uma planta possa se estabelecer e desenvolver de forma eficiente é imprescindível que o solo/substrato possua condições físico-hídricas adequadas, possibilitando assim, melhor crescimento radicular (FOLLMER et al., 2019).

Este trabalho teve por objetivo avaliar substratos utilizados no IFRS-Campus Sertão, em relação às suas características físicas e hídricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Manejo de Água e Solo (LAMAS) do IFRS-Campus Sertão, no município de Sertão-RS. Os substratos (Tabela 1) foram avaliados quanto à umidade volumétrica, densidade do substrato, porosidade total, porosidade de aeração, água facilmente disponível, tamponante e remanescente.

**Tabela 1.** Substratos Avaliados

| Substratos | |
|---|---|
| S1 | Turfa Canadense |
| S2 | Fibra de Coco |
| S3 | Carolina Padrão |
| S4 | TN Gold |
| S5 | Casca de Arroz Carbonizada |
| S6 | Misto |

Para a obtenção de densidade dos substratos, utilizou-se a metodologia de Klein et al. (2000) que consiste em acomodar os substratos utilizando dois anéis sobrepostos e que são saturados e posteriormente secados (**Figura 1**), sendo que este processo foi repetido por três vezes.

Os cilindros com volumes ajustados foram submetidos à saturação durante 24 horas e posteriormente a diferentes tensões de 0 kPa, 5 kPa e 10 kPa, com a utilização de funis de placa porosa (Haines) como apresentado na **figura 2** (LIBARDI, 2005).



**Figura 1.** Cilindros sobrepostos para a acomodação do substrato.



**Figura 2.** Imagem do funil de Haines com os cilindros de substrato sob tensão.

Para outras determinações como a Porosidade Total (PT) e foi utilizada a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997).

Os anéis ajustados foram saturados com a utilização de funis de Haynes (CÁSSARO et al., 2008), e assim foi calculada a umidade volumétrica (UV) resultante das diferentes tensões. A partir dos valores de UV, foram calculados AFD, AT e AR. O valor de AR foi obtido pela UV a 10kPa (UV10kPa), AFD equivale a subtração de UV na tensão 1kPa pela UV na tensão 5kPa (AFD = UV1kPa – UV5kPa) e AT foi calculado a partir da subtração da UV na tensão 5kPa pela UV em 10kPa (AT = UV5kPa – Uv10kPa).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, contendo 6 tratamentos (substratos) e 10 repetições, sendo que os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os valores de densidade do substrato (**Tabela 2**) observa-se que os substratos Casca de arroz carbonizada (S5) e Misto (S6) obtiveram a maior densidade. Apenas a Turfa Canadense (S1) e Fibra de Coco (S2) apresentaram valores satisfatórios segundo Valero (2006), que afirma ser ideal, densidades de 0,07-0,15 g/cm$^3$.

Densidades baixas aumentam os riscos de tombamento de plantas em caso de vento ou qualquer força exercida contra as mesmas, por outro lado densidades altas podem dificultar o transporte do material e o desenvolvimento radicular.

Tabela 2. Valores de Densidade de substrato (DS) e porosidade total (Pt) sob efeito de diferentes substratos.

| Substrato | DS | Pt |
|---|---|---|
| | ------(g/cm³)---- | ------(%)----- |
| S1 | 0,13858 c | 90,1916 ab |
| S2 | 0,10565 d | 74,9425 c |
| S3 | 0,18229 b | 87,2492 b |
| S4 | 0,18200 b | 94,2456 a |
| S5 | 0,23257 a | 83,6200 b |
| S6 | 0,23090 a | 85,0784 b |
| CV (%) | 4,70 | 3,53 |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O conhecimento do valor da densidade volumétrica tem várias aplicações, como no cultivo em recipientes, servindo como parâmetro para o manejo da irrigação. Na análise de nutrientes (com referência à massa da amostra) a densidade é indispensável para a interpretação dos laudos e recomendações práticas. Também, auxilia na seleção do recipiente a ser utilizado, conforme especificado por Kämpf (2000), sendo que, misturas muito leves são próprias para bandejas, enquanto as de alta densidade são mais adequadas para recipientes maiores.

Em relação a porosidade total (Tabela 2) o substrato S4 (TN Gold), obteve o maior valor de porosidade total, seguido do substrato S1 (Turfa Canadense). A porosidade é responsável pela dinâmica de água e ar do substrato, onde circulam a água e ar necessários ao desenvolvimento das plantas (KLEIN, 2005).

Para De Boot & Verdonck (1972) e Haynes & Goh (1978) água tamponante (AT) (Tabela 3) é o volume de água liberado entre 50 e 100 cm de tensão estimando-se que 4 a 10% seja um valor de referência, somente S1 e S4 apresentaram valores satisfatório.

Quanto a AFD (Tabela 3), todos os substratos apresentaram valores acima do considerado ideal segundo DE BOODT & VERDONCK (1972), que afirmam que os substratos devem apresentar entre 24 a 40% de água facilmente disponível.

Para Klein et al. (2000) a fração de água facilmente disponível (AFD) é extremamente importante para o bom desenvolvimento das plantas. Uma vez que, com valores mais elevados dispensa a irrigação constante dando mais tempo entre os ciclos de rega.

## CONCLUSÕES

Para porosidade total, S4 (TN Gold) apresentou maior valor, este fato também se aplicou à AFD e AT, demonstrando maior espaço de aeração e armazenamento de água.

O S4 teve a densidade elevada, acima de 1,5 g/cm³. Fibra de Coco (S2) e Turfa Canadense (S1) tiveram valores de densidade aceitáveis.

**AGRADECIMENTOS**: Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) Campus Sertão, a Fapergs pela concessão da bolsa de pesquisa, a o Professor e Orientador Márcio Luis Vieira pela confiança empregada a mim e aos colegas de pesquisa sem os quais nada se tornaria possível.

## REFERÊNCIAS

ABAD M. Los sustratos hortícolas y técnicas de cultivo sin suelo. In: Rallo, L.; Nuez, F. La horticultura Española Enla C.E, Réus: Horticultura S.L., p. 271-280, 1991.

DE BOOT MO, VERDONCK O. The physical properties of substrates in horticulture. Acta Horticulture, 26:337-344, 1972.

FOLLMER, GDC et al. Alterações nas propriedades hídricas do solo e no rendimento de milho em função do uso da escarificação em plantio direto. In: IV SerTão Aplicado-Mostra de Ensino, Pesquisa e Extensão. 2019.

GONÇALVES AL. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI K. (Ed.). Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T.A.Queiroz, 1995. 128p.

HAYNES RJ, GOH KM. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grow plants: IV – Physical properties of a range amendment peat-based media. N. Z. Journal of Agricultural Research. 21:449-456, 1978.

KLEIN VA, SIOTA TA, ANESI AL, BARBOZA R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. Revista Brasileira de Agrociência. V.6, n.3, 2000.

LIBARDI PL. Dinâmica da água no solo. Piracicaba, Edusp, p. 335, 2005.

VALERO RMM. Uso da técnica da "TDR" na estimativa da umidade e condutividade elétrica em substratos orgânicos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2006.

**Tabela 3.** Valores de Água Facilmente Disponível (AFD), Água Tamponante (AT) e Água Remanescente (AR) e Porosidade de Aeração (PA) na tensão de 10 kPa sob diferentes substratos.

| Substrato | AFD | AT | AR | PA 10 KPa |
|---|---|---|---|---|
| | ----------(%)---------- | | | |
| S1 | 50,9393 b | 4,3752 a | 34,8770 b | 55,31456 b |
| S2 | 47,0221 bc | 2,3310 b | 25,5893 c | 49,35317 cd |
| S3 | 45,0924 bc | 0,1323 d | 42,1686 a | 45,08061 cd |
| S4 | 47,6912 bc | 4,1357 a | 42,4186 a | 51,82700 bc |
| S5 | 66,6625 a | 0,7786 cd | 16,1787 d | 67,44122 a |
| S6 | 41,0653 c | 1,6258 bc | 42,3872 a | 42,69124 d |
| CV (%) | 5,56 | 28,87 | 2,31 | 5,94 |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Modos de Aplicação de Calcário Influenciando a Porosidade Total e a Densidade do Solo em Cambissolo Háplico Alumínico

Isabela Leticia Pessenti[1]; Lucia Helena Wiecheteck [2]; Heverton Fernando Melo [2];

[1] Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR., Avenida General Carlos Cavalcanti, 4.748, 84030-900, Ponta Grossa – PR, Campus Uvaranas, isabelaleticiapessentti@gmail.com; [2] Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.

## INTRODUÇÃO

A agricultura sustentável não depende somente do solo; mas depende também da gestão aplicada sobre ele (LAL, 1998). Os sistemas de manejo afetam a estrutura do solo, e consequentemente, seu espaço poroso e sua densidade entre outras propriedades (BRONICK; LAL, 2005).

A acidez elevada dos solos das regiões tropicais (JORIS et al., 2013), particularmente os Cambissolo Háplico Alumínico, não dispensam a aplicação de calcário, e a dinâmica da correção da acidez depende da forma de incorporação do corretivo.

A baixa solubilidade do calcário em água e os produtos desta reação com o solo mostram mobilidade limitada, a ação da calagem, e esta torna-se então mais evidente em superfície pela frente de neutralização que avança no perfil de solo, do que em subsuperfície (CAIRES et al., 2003).

A incorporação do calcário com mobilização do solo, acaba acelerando o processo de correção da acidez, e entre os implementos mais utilizados para a incorporação, os arados escarificadores e os arados de disco são os implementos mais utilizados (CAIRES et al., 2008).

Entretanto as práticas de incorporação que mobilizam o solo alteram a sua estrutura, modificando o espaço poroso e a densidade (LIPIEC et al., 2006).

A calagem atua aumentando o pH do solo, os teores de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$, precipitando o $Al^{3+}$ em espécies menos tóxicas as plantas, além do efeito que causa sobre a estrutura do solo (BRONICK; LAL, 2005).

Embora os Latossolos representem a classe de solos dominante no Paraná (31% das áreas), os Cambissolos tem sua representatividade em 11% das áreas do estado (LIMA et al., 2012).

Estes solos destacam-se pela fragilidade, e este estudo aborda a influência das formas de incorporação em uma dose de calcário, sobre a densidade e a porosidade total.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo ocorreu em área de agricultura familiar no município de Irati, sob CAMBISSOLO HÀPLICO Alumínico, com gênese na Formação Teresina (BENASSI, 2008). O delineamento foi em faixas com tratamentos em fatorial (3x2) em 3 repetições. As faixas constaram de área total em 600m² (30x20m) e as parcelas 150m²(30x5m).

Os tratamentos constituíram-se de duas doses de calcário (D 0 e D 15Mg $ha^{-1}$) e três modos de aplicação do calcário: CS- calcário superficial, CIAG- calcário incorporado com arado e grade e CIEG- calcário incorporado com subsolador e grade.

O calcário utilizado apresentava poder relativo de neutralização total em 77,3%. Nos tratamentos com revolvimento do solo para incorporação, a aplicação foi em duas etapas 50% antes da incorporação e 50% antes da grade niveladora. Os tratamentos CS a aplicação foi em dose única.

Aos 12 meses após a calagem, após a colheita do milho, em maio 2019, anéis volumétricos foram coletados nas entrelinhas em 0- 0,1m e 0,1-0,2m com dimensões aproximadas de 50 $cm^3$ para determinação da porosidade e densidade.

Aplicou-se aos dados em ambas profundidades ANOVA de experimentos inteiramente casualizados em arranjo fatorial (2x3) em 3 repetições. A normalidade foi testada por Shapiro-wilk, com teste F após atendidas as pressuposições e Tukey para comparação das médias.

A densidade do solo e a porosidade total foram influenciadas pela calagem e pelo método de incorporação e pela interação entre eles (figura 1).

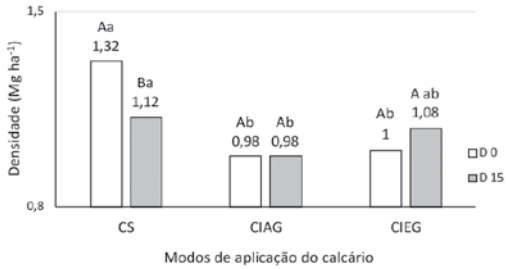



Figura 1: Densidade do solo em 0-0,1 e 0,1-0,2m em função da calagem (dose 0 e dose 15 Mg $ha^{-1}$) e modos de incorporação (CS, CIAG e CIEG). Médias seguidas de mesma letra maiúscula para calagem e minúscula para modos de aplicação de calcário não diferem entre si por Tukey ($p<0,05$).

Na dose zero, houve redução da densidade e aumento da porosidade total em 0- 0,1m no CIAG e CIEG, sem diferenças entre estas formas de incorporação. Estes preparos apresentaram mobilização da estrutura, e a semelhança entre eles pode ser em função da utilização da grade em ambos.

Sem a calagem, ocorreu aumento da Pt na camada de 0-0,1m para CIAG e CIEG, os quais não diferiram entre si (figura 2). Considerando que tanto CIAG como CISG apresentam revolvimento da estrutura do solo em diferentes intensidades, a semelhança entre os métodos pode ser atribuída à operação de gradagem realizada em ambos tratamentos após as operações de aração e subsolagem.

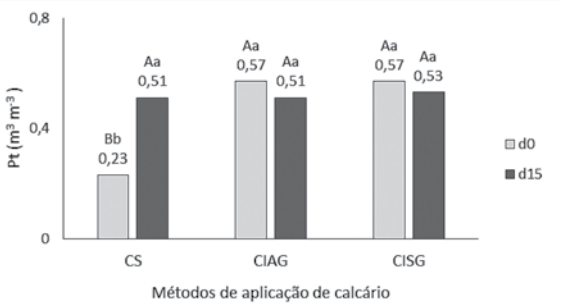



Figura 2: – Porosidade total (Pt) da camada 0-0,10 m de um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico em função da calagem [sem (d0) e com calagem (d15)] e métodos de aplicação do calcário [calcário superficial (CS), incorporado com aração e gradagem (CIAG) e com subsolagem e gradagem (CISG)]. Médias seguidas de mesma letra maiúscula para calagem e minúscula para modos de aplicação do calcário não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Este resultado justifica-se quando se avalia o sistema de corte dos implementos agrícolas utilizados para as operações de incorporação do calcário. Na aração com arados de discos ocorre a inversão da camada superficial do solo (0-0,2m), promovendo uma intensa mobilização de sua estrutura com a formação de grandes torrões, já na subsolagem a mobilização do solo é reduzida e dependente, entre outros, do espaçamento das

hastes de corte do implemento (FALLEIRO et al., 2003; REICHERT et al., 2007.

Ponderando que a Pt ocorre entre e dentro dos macroagregados do solo, e que a Ds é inversamente proporcional a Pt, o acréscimo nos teores de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ em relação ao $Al^{3+}$, o aumento do pH e a precipitação de hidróxidos amorfos de Al em decorrência da aplicação de calagem podem elucidar o aumento da Pt camada 0-0,10 m com a calagem no CS ((FERREIRA et al., 1999; SILVA et al., 2006).

## CONCLUSÕES

A aplicação de calagem promoveu aumento da porosidade total na camada de 0-0,1m no tratamento com calcário superficial.

A ausência de calagem nos métodos com calcário incorporado apresentou aumento da porosidade em relação a calagem superficial.

O tratamento com calcário superficial apresentou aumento da densidade tanto na presença quanto ausência de calcário em relação aos demais tratamentos.

## REFERÊNCIAS

BENASSI, D. A. Percepção e uso do solo: O caso dos agricultores familiares da região centro-sul do Paraná. 2008, 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

Bronick, C. J.; Lal, R. Soil structure and management: a review. Geoderma, v.124, n.1-2, p.3–22, 2005.

Caires, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.27, p.275-286, 2003.

Caires, E. F.et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. European Journal of Agronomy, v.28, p.57-64, 2008.

Falleiro, R. M.; et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

Ferreira, M. M.; Fernandes, B.; Curi, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 3, p. 515-524, 1999.

Joris, H. A. W. et al. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. Plant Soil. v.365, p. 409-424, 2013.

LAL, R. Soil quality and sustentability. In; Blum et al. (Ed). Methods for assessment of soil degradation. New York: CRC Press, 1998, p 17-30.

Lima, V. C. et al. Conhecendo os principais solos do Paraná. Curitiba SBCS- NEP, 2012.

Lipiec, J. et al.Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil and Tillage Research, v.89, n.2, p.210–220, 2006.

Reichert, J. M.; Suzuki, L. E. A. S.; Reinert, D. J. Compactação do solo em sistemas efeitos, limites críticos e mitigação. Tópicos em ciência do solo. V. 5. Viçosa: SBCS, 2007. 496 p. Cap. 2, p. 49-134.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Organização do Sistema Poroso de um Argissolo Vermelho sob Tráfego Agrícola Controlado [1]

Letícia Salvi Kohn[2]; Roberto de Rossi Ferreira[2]; Catia Bertollo Chaves[3]; Michael Mazurana[4]; Renato Levien[4]; Cássio Antonio Tormena[5]; Getulio Coutinho Figueiredo[4, 6]

[1] Projeto de Pesquisa UFRGS nº35757; [2] Estudante de Mestrado em Ciência do Solo, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, 91540-000, leticiaskohn@gmail.com; [3] Graduanda em Agronomia, UFRGS; [4] Professor, Dpto. de Solos, UFRGS; Professor Associado, UEM, Universidade Estadual de Maringá, Dpto. de Agronomia, Av. Colombo, 5790, Maringá-PR; Orientador, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

Os atributos físicos do solo podem ser afetados diretamente pelo manejo agrícola empregado. Quando realizado sem sistematização e planejamento, pode causar efeitos deletérios sobre a qualidade funcional do sistema poroso do solo e. desta forma, prejudicar os fluxos de ar e água que são fundamentais para a produção agrícola.

O sistema plantio direto (SPD) vem se mostrando um sistema promissor por contribuir com a melhoria e manutenção da qualidade do solo. A compactação do solo é um dos principais problemas recorrentes em áreas com tráfego de máquinas agrícolas sob SPD que almejam altas produtividades (STEFANOSKI et al., 2013).

Tendo sido estudado e preconizado na área científica há anos, o tráfego agrícola controlado tem sido aplicado em maior escala na cultura da cana-de-açúcar, sendo mais recente seu estudo e aplicação na produção de grãos nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil (GIRARDELLO et al., 2017).

Este sistema consiste em limitar as linhas trafegadas por máquinas agrícolas na menor área possível, sendo as mesmas denominadas de linhas permanentes, que devem ocupar cerca de 10 a 20% da área total da lavoura (TULLBERG, 2003).

A permeabilidade do solo ao ar (*Ka*), é um importante atributo físico, pois infere sobre a habilidade do meio poroso em conduzir ar e disponibilizá-lo ao sistema radicular das plantas (SILVA et al., 2009; GUEDES FILHO et al., 2015). A mesma é influenciada pela porosidade de aeração ($\varepsilon_a$), tendo em vista que a diminuição no conteúdo de água acarreta em aumento na $\varepsilon_a$. Ao relacionar a *Ka* e a $\varepsilon_a$, é possível avaliar a geometria do espaço poroso através do índice de continuidade de poros (*K1*) para avaliar a geometria de poros (BALL et al., 1994).

O conhecimento do conteúdo de ar no solo, bem como o caminho livre para que o mesmo possa percorrer e estar disponível às plantas, é de fundamental importância para a definição do melhor manejo a ser adotado nas área agrícolas cultivadas, podendo auxiliar nas melhores estratégias a serem tomadas alinhadas à conservação do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar uma Argissolo Vermelho sob SPD, com tráfego agrí-

cola controlado, considerando atributos físicos, como a densidade do solo, permeabilidade do solo ao ar e índice de continuidade de poros do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em

Eldorado do Sul – RS. O solo da área é classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico típico pertencente à Unidade de Mapeamento São Jerônimo com declividade média de 3%, sendo sua textura caracterizada como franco-argilo-arenosa. O clima da região é classificado como Cfa, segundo a classificação de Köppen.

A área de estudo possui, aproximadamente, um hectare, e são conduzidas as culturas de verão (soja e milho) e inverno (aveia e azevém) sob SPD com tráfego agrícola controlado. No local, são delimitadas as áreas onde não há tráfego, onde há apenas o contato do rodado do trator com o solo (pressão de contato rodado-solo de 120 kPa), e onde há apenas tráfego de colhedora (pressão de contato rodado-solo de 260 kPa).

Sendo assim, os tratamentos do presente trabalho são compostos por: ST – solo sob SPD sem tráfego; RT – solo sob SPD trafegado apenas pelo rodado do trator; RC – solo sob SPD trafegado apenas pelo rodado da colhedora.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco repetições. As amostragens foram realizadas no mês de outubro de 2019, onde foram coletadas amostras deformadas para caracterização da área, e amostras indeformadas nas camadas de 0,05-0,10 e 0,100,15 m de profundidade nas linhas sem tráfego, com tráfego de trator e colhedora, contabilizando um total de 30 repetições para cada tratamento e profundidade.

Todas as amostras foram equilibradas no potencial mátrico de -10 kPa para a determinação da permeabilidade do solo ao ar (*Ka*), onde utilizou-se um permeâmetro de carga constante (PREVEDELLO & ARMINDO, 2015).

Foi obtida a densidade do solo (Ds) através do método do anel volumétrico. A porosidade de aeração ($\varepsilon_a$) do solo foi calculada através da diferença entre a porosidade total (estimada através da densidade do solo e densidade de partículas) e a umidade contida no solo. Foi determinado o índice de organização de poros (*KI*), conforme Groenevelt et al. (1984), sendo a *Ka* dividida pela $\varepsilon_a$.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (SHAPIRO & WILK, 1965). A análise de variância foi utilizada para avaliar os efeitos dos tratamentos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à permeabilidade do solo ao ar não apresentaram distribuição normal e, devido a isso, os valores foram transformados para a forma logarítmica, com o objetivo de obter uma distribuição o mais próximo possível da normalidade.

Através da análise de variância, foi possível verificar que os dados de log *Ka* (Tabela 1) não apresentaram diferença ($p < 0,05$). Entretanto, o tratamento referente ao local onde não há tráfego (ST – sem tráfeto), apresentou os maiores valores de permeabilidade do solo ao ar, de 1,55 e 1,65 $\mu m^2$ nas profundidades de 0 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, respectivamente.

Todos os dados referentes a este atributo se apresentaram superiores a 1,0 $\mu m^2$, sendo considerado por McQueen & Shepherd (2002) indicativo de que os poros não estão bloqueados e estão contribuindo para os processos de trocas gasosas que ocorrem no solo. Ainda é possível inferir que a *Ka* apresentada pode estar diretamente relacionada com a densidade do solo (Fi-

gura 1), que também não apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados.

Tabela 1. Valores médios e permeabilidade do solo ao ar (log *Ka*) para os tratamentos avaliados nas camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,15 m no potencial mátrico de -10 kPa.

| Tratamento | 0,05 - 0,10 m | 0,10 - 0,15 m |
|---|---|---|
| | log *Ka* (μm²) | |
| ST | 1,55a | 1,65a |
| RT | 1,52a | 1,47a |
| RC | 1,52a | 1,50a |
| CV (%) | 24,73 | 18,99 |

ST – sem tráfego; RT – rodado trator; RC – rodado colhedora. (1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O índice $K_1$ é uma ferramenta importante para analisar se os diversos valores de *Ka* são atribuídos à $\varepsilon_a$ ou a outros fatores como a distribuição do tamanho e continuidade dos poros do solo (Groenevelt et al., 1984). Sendo que o índice $K_1$ não apresentou distribuição normal, seus valores também foram transformados para a forma logarítmica (Figura 2).

Os tratamentos ST e RC apresentaram valores ligeiramente mais elevados de *K1* nas duas camadas avaliadas (Figura 3), o que indica que a capacidade do solo em transportar ar devido à continuidade do sistema poroso é maior neste solo.

Entretanto, pelos resultados obtidos, é possível afirmar que o índice *K1* não foi suficientemente sensível para diferenciar os efeitos entre a porosidade e distribuição do tamanho e continuidade de poros.

Para Ball et al. (1994), o tamanho e a continuidade dos poros são de maior relevância do que apenas a quantidade dos mesmos.

Considerando o não revolvimento do solo no SPD, é possível afirmar que, mesmo nos locais onde há contato rodado-solo com aplicação de carga, há uma estrutura do solo muito bem organizada, com continuidade do sistema poroso, o que possibilita haver transmissão de matéria e energia no solo, ou seja, há qualidade suficiente para que sejam transmitidos fluxos de água e ar.

## CONCLUSÕES

O SPD adotado na área se mostrou eficaz para o bom condicionamento físico do solo mesmo nos tratamentos onde há presença de tráfego agrícola.

Os dados de densidade do solo corroboram com os resultados encontrados para a permeabilidade do solo ao ar.

O índice de continuidade de poros não se demonstrou sensível de acordo com os tratamentos para inferir sobre a organização do sistema poroso do solo.

**AGRADECIMENTOS:** Programa de PósGraduação em Ciência do Solo – UFRGS; Programa de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível de Nível Superior (CAPES). Projeto de Pesquisa UFRGS sob registro nº 35757.

## REFERÊNCIAS

Ball BC, Lang RW, Robertson EAG, Franklin MF. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20 and 25 years of conventional tillage or direct drilling. Soil Till Ri. 1994;31:97-118.

Girardello VC, Amado TJC, Santi AL, Lanzanova ME, Tasca A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. Rev. Scientia Agraria. 2017;18:86-96.

Guedes Filho O, Silva AP, Giarola NFB, Tormena CA. Permeabilidade ao ar da cama de semeadura

do solo em sistema semeadura direta. R. Bras Ci Solo. 2015;39:841851.

Groenevelt PH, Kay BD, Grant CD. Physical assessment of a soil with respect to rooting potential. Geoderma. 1984;34:101-114.

McQueen DJ, Shepherd TG. Physical changes and compation sensitivity of a fine-textured, poorly drained soil (Typic Endoaquept) under varying durations of cropping, Manawatu Region, New Zealand. Soil Till Res. 2002;25:217-230.

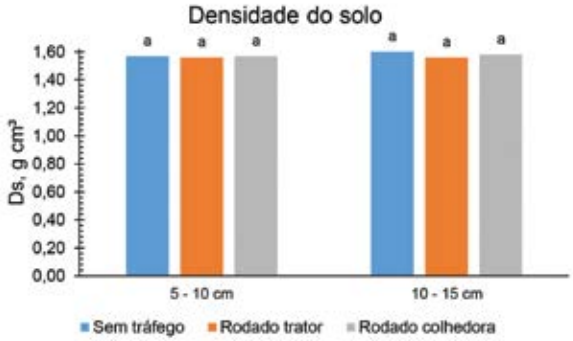
Prevedello CL, Armindo RA. Física do solo com problemas resolvidos. 2a ed. Curitiba: Celso Luiz Prevedello; 2015; p. 393.

Shapiro SS, Wilk MB. Analisys of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 1965;52:591-611.

Silva AP, Leao TP, Tormena CA, Gonçalves ACA. Determination of air permeabilit in undisturbed soil samples by the decreasing pressure method. R Bras Ci Solo. 2009; 33:35-45.

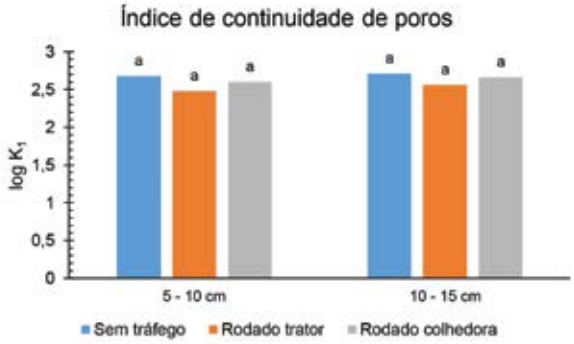
Stefanoski DC, Santos GS, Marchão RL, Petter FA, Pacheco LP. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. R. Bras. de Eng. Agr. e Ambiental. 2013;12:301-309.

Tullberg JN, Yuli DF, Mcgarry D. Controlled traffic farming – from research to adoption in Australia. Soil Till Res. 2007;97:272-281.




(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Figura 1.** Valores médios de Ds (densidade do solo) para as camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,15 m, para os tratamentos: ST – sem tráfego; RT – solo trafegado por rodado de trator; RC – solo trafegado por rodado de colhedora.




(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Figura 2.** Valores médios de log *KI* (índice de continuidade de poros) para as camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,15 m, para os tratamentos: ST – sem tráfego; RT – solo trafegado por rodado de trator; RC – solo trafegado por rodado de colhedora.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Resistência de um Cambissolo à Penetração Submetido à Diferentes Cargas e Teores de Água

Luan Gabriel Meneghelli Wilhelm[1]; Neilor Bugoni Riquetti[2]; Marcelo Bonazza[2] & Douglas Adams Weiler[2]

[1]estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, Rodovia Ulysses Gaboardi km 3, 3000, Curitibanos - SC, CEP 89520-000, meneghelli.luan@gmail.com; [2]professor, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos. neilor.b.riquetti@ufsc.br, marcelo.bonazza@ufsc.br, douglas.weiler@ufsc.br

## INTRODUÇÃO

O uso dos tratores e implementos agrícolas é fundamental para o aumento da capacidade operacional em sistemas agropecuários. Entretanto, o uso do maquinário em momentos inadequados, especialmente quando o solo encontra-se fora da faixa de friabilidade, pode ocasionar problemas relacionados às propriedades físicas do solo, em especial, a compactação (CUNHA et al., 2009).

As propriedades físicas utilizadas para descrever o processo de compactação são a densidade total, a porosidade total, a macroporosidade, a microporosidade e a resistência do solo à penetração (RP). Estas interferem diretamente no desenvolvimento de plantas, com destaque no seu sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2012).

A RP pode ser avaliada pelo método de penetrometria, o qual consiste na medição indireta dos valores através do índice de cone (IC) resultando na resistência do solo à penetração de uma ponta cônica (MOLIN et al., 2012). Dentre as limitações do método pode-se citar a dependência do teor de água no solo no momento da avaliação, sendo que em condição de baixa umidade o solo apresenta maior RP enquanto que em solo de alta umidade resulta em baixa RP devido a diminuição das forças de coesão entre partículas do solo (CUNHA et al., 2002).

Nos processos mecanizados da agricultura a pressão interna dos pneus, área de contato (MACHADO et al., 2005) e modelo dos pneus (MAZETTO et al., 2004) são fatores importantes que determinam a compactação do solo e, indiretamente, a RP.

A determinação da RP à campo traz o inconveniente de ser sensível ao teor de umidade do solo, à presença de raízes, bioporos, concreções, dentre outros. Deste modo, a determinação da RP em amostras deformadas de solo é importante para o entendimento de como o solo, de maneira isolada, responde as diferentes cargas e teores de água. Em função disso, o objetivo deste trabalho foi quantificar a RP em amostras deformadas de um Cambissolo submetido à diferentes cargas de compactação e teores de água do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Agropecuária pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curi-

tibanos. O solo é classificado com Cambissolo Háplico de textura argilosa (550 g $kg^{-1}$).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em um esquema fatorial 6x6x2 (6 teores de água, 6 cargas exercidas no solo e 2 momentos de avaliação), com 5 repetições.

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0-0,20 m, peneiradas em peneira com 0,004 m e, em seguida, secas em estufa a 105°C por um período de 24 horas. O conteúdo gravimétrico de água no solo foi ajustado para: 16,9%; 18,5%; 21,2%; 26,1%; 28% e 30%.

Em seguida, o solo foi colocado em cilindros de PVC com 0,15 m de diâmetro e 0,12 m de altura. O solo foi compactado utilizando uma prensa hidráulica, a qual foi pressionada em uma base de nylon com diâmetro ligeiramente menor que o diâmetro interno dos cilindros de PVC. As cargas aplicadas ao solo foram equivalentes a 0,5; 0,64; 0,78; 0,92; 1,07 e 1,21 kgf $cm^{-2}$.

As cargas foram selecionadas com objetivo de representar diferentes pneus de máquinas agrícolas. As cargas adicionadas ao solo foram medidas através de um manômetro presente na prensa hidráulica, sendo que conhecida a área do cilindro da prensa e a pressão, indiretamente determinou-se a força que foi produzida pela prensa.

Após a compactação do solo nos cilindros foi determinada a RP através de um penetrômetro de bancada (Marconi, modelo MA933), equipado de ponteira com cone de 30°, área do cone de 0,0004 $m^2$ e curso de 0,075 m. A velocidade de descida da ponteira foi de 84 mm por minuto.

O penetrômetro realiza uma leitura instantânea por segundo e para cada descida foi possível obter 34 leituras de resistência do solo à penetração. Em cada cilindro foi possível realizar 5 descidas do penetrômetro em diferentes áreas da amostra, sendo, portanto, realizado 5 repetições para cada carga aplicada.

A RP foi quantificada através da equação representada abaixo:

$$IC = \frac{F * 9.806648 / A}{1x10^6}$$

em que: IC – Índice de Cone (MPa); F – Força (kgf); A – Área do Cone ($m^2$).

Os dados foram obtidos em dois momentos distintos a fim verificar os efeitos da compactação logo após a aplicação da carga (momento 1) e 3 dias após (momento 2) com teor de água inferior.

A significância dos fatores estudados foi testada por meio do modelo linear geral ao nível de 1% de probabilidade. Posteriormente efetuou-se o ajuste de equações quadráticas para analisar a variação da RP em função da variação do teor de água para cada carga aplicada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A RP aumentou à medida que maiores cargas foram exercidas sobre o solo, e variou significativamente conforme o teor de água do solo (Tabela 1). De modo geral quanto maior foi a carga exercida sobre o solo maior foi a RP devido à maior compactação imposta ao solo. Arcoverde et al. (2020) também observaram aumento na RP com o aumento da compactação causada ao solo.

No momento 1, apenas as cargas de 1,07 e 1,21 kgf $cm^{-2}$ apresentaram valores de RP acima do valor crítico de RP (2 MPa), acima do qual a limitação física imposta pelo solo ao desenvolvimento radicular implica em prejuízos na produtividade (SILVA et al., 2002), valor este que pode ser de 1,3 MPa para a cultura do milho (FOLONI et al., 2003).

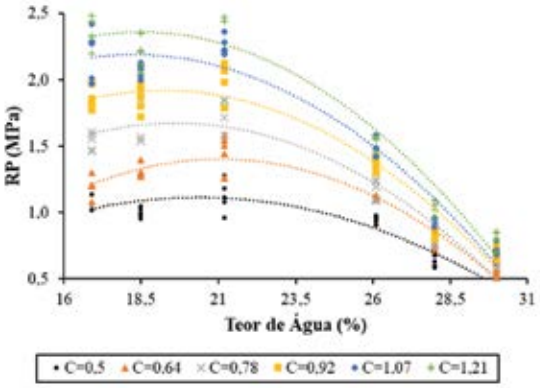



Figura 1. Resistência do solo à penetração em diferentes teores de água e cargas exercidas sobre o solo logo após compactação (momento 1).

Tormena et al. (2002) e Vaz et al. (2001) apresentaram tendências similares às obtidas neste estudo, mesmo em diferentes tipos de textura de solo. A RP foi máxima em valores intermediários de umidade do solo, independentemente da carga exercida sobre o solo (Figura 1, Tabela 1). Segundo Dias Junior et al. (2005), a compactação do solo é acentuada quando cargas são exercidas sobre o solo em uma faixa de umidade próxima a capacidade de campo.

A partir dos resultados de nosso estudo é possível inferir que a entrada com tratores e/ou implementos agrícolas deve ser evitada quando o teor de água estiver próximo a faixa de 21%, uma vez que nesta faixa de umidade ocorre a máxima RP. Abaixo desse valor, há pouca água para favorecer o rearranjo das partículas e aumentar a compactação. Acima desse valor, há excesso de água que passa a atuar como lubrificante entre as partículas, tornando-o mais plástico. Esse comportamento é o mesmo observado na realização do ensaio de Proctor (ABNT, 1986), podendo assim servir como alternativa para tal.

Tabela 1. Valores médios de resistência do solo à penetração em diferentes cargas e teores de água.

| Teor Água (%) | Carga aplicada ao solo (kgf cm$^{-2}$) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,50 | | 0,64 | | 0,78 | | 0,92 | | 1,07 | | 1,21 | |
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| | MPa | | | | | | | | | | | |
| 16,9 | 1,04 | 1,11 | 1,38 | 1,72 | 1,42 | 2,35 | 1,79 | 2,98 | 2,20 | 3,47 | 2,36 | 4,50 |
| 18,5 | 1,08 | 1,39 | 1,28 | 1,88 | 1,54 | 2,34 | 2,01 | 2,64 | 2,18 | 3,49 | 2,46 | 3,70 |
| 21,2 | 1,09 | 2,08 | 1,47 | 2,65 | 1,78 | 3,45 | 2,02 | 3,82 | 2,27 | 4,45 | 2,62 | 4,93 |
| 26,1 | 1,0 | 2,45 | 1,31 | 2,66 | 1,69 | 3,11 | 1,90 | 3,12 | 2,17 | 3,42 | 2,04 | 3,76 |
| 28,0 | 0,81 | 1,40 | 0,99 | 1,58 | 0,99 | 1,68 | 1,19 | 1,78 | 1,17 | 1,98 | 1,34 | 2,22 |
| 30,0 | 0,45 | 1,26 | 0,56 | 1,37 | 0,61 | 1,36 | 0,68 | 1,43 | 0,72 | 1,65 | 0,80 | 1,71 |

(1)M1: momento logo após aplicação da carga; M2: 3 dias após aplicação da carga.

Também é possível intervir no tipo de pneu a ser utilizado. Caso seja impossível adiar a entrada na lavoura com o trator, pode-se optar por um pneu com maior superfície de contato. Tolon-Becerra et al. (2011) descreveram que maiores valores de RP são atribuídos pela menor área de contato pneusolo, ocasionando maior pressão do pneu sobre o solo, aumentando a compactação e, consequentemente, a RP que impede ou dificulta o desenvolvimento radicular.

A RP medida no momento 2 apresentou o mesmo comportamento do momento 1 (Figura 2), porém, nesse momento apenas as cargas de 0,5 e 0,64 kgf cm$^{-2}$ apresentaram valores de RP inferiores ao valor critico de 2 MPa, sendo que as médias se apresentaram com valores quase 2

vezes maior que aqueles obtidos no dia da aplicação da carga.

Isso significa que poucos dias após aplicação das cargas ocorre um agravamento das limitações físicas ao desenvolvimento das plantas. Como discutido anteriormente, a água atua como um lubrificante no solo reduzindo a RP nas avaliações com o penetrômetro, mas também para as raízes. Observa-se também, em especial no momento 2, que há um determinado teor de água em que acima e abaixo desse a RP diminui, provavelmente sendo a umidade de máxima compactação.

A variação na RP entre os dois momentos para as diferentes cargas e teores de água está representado na **figura 3,** onde observa-se que apenas os 2 maiores teores de água apresentaram RP inferior ao limite crítico no momento 2.

O sistema radicular das plantas tem dificuldades com a aumento da RP. Dessa forma a tomada de decisão deve estar alinhada, também, com a RP medida 3 dias após a carga, devido a RP em que as plantas estarão sujeitas após a diminuição natural do teor de água no solo. Com estas informações a decisão será melhorada e poderá ser previsto sob qual RP as plantas estarão sujeitas no solo. Utilizar dados de RP avaliados minimizando erros relacionados aos teores de água e outros fatores que possam super ou subestimar a RP melhoram a tomada de decisão e a tornam mais inteligente. Com objetivos similares Rabello & Cruvinel (2009) utilizaram dados de RP para elaborar um sistema inteligente de tomada de decisão, minimizando os erros e riscos para os processos da agricultura.

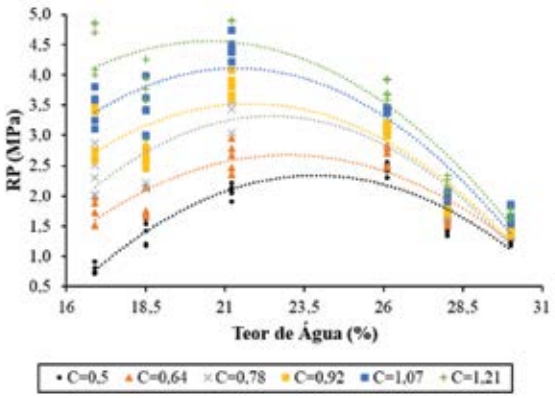



**Figura 2.** Resistência do solo à penetração 3 dias após compactação em diferentes teores de água e cargas exercidas sobre o solo.

Em média 3 dias após a avaliação inicial os tratamentos diminuíram em 3% o teor de água presente e aumentaram em 95% a RP. A tendência é de quanto maior a carga exercida, maior será o efeito sobre o aumento da RP dias após a operação realizada. É necessário dar continuidade ao estudo para avaliar a RP após um período maior que 3 dias e em diferentes solos para que possamos ter estimativas mais fidedignas.

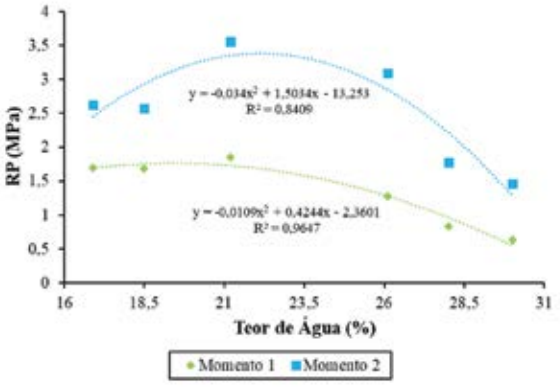



**Figura 3.** Médias de resistência do solo à penetração em diferentes teores de água e momentos de avaliação.

## CONCLUSÕES

A RP aumenta à medida que uma maior carga for aplicada ao solo e aumenta em quase duas vezes quando avaliada três dias após a

aplicação da mesma carga, devido ao rearranjo das partículas e a diminuição do teor de água.

Os maiores valores de RP ocorreram no teor de água 21% em ambos os momentos avaliados.

## REFERÊNCIAS


Associação Brasileira de Normas Técnicas, Solo – ensaio e compactação, NBR 7182. 1986.

Arcoverde SNS, Souza CMA, Rafull LZL, Cortez JW, Orlando RC. Soyben agronomic performance and soil physical atributes under tractor traffic intensities. Engenharia Agrícola. 2020; 40:113-120.

Cunha JPAR, Cascão VN, Reis EF. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. Acta Scientiarum. Agronomy. 2009; 31:371-375.

Cunha JPAR, Vieira LB, Magalhães AC. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. 2002; 10:01-07.

Dias Júnior MS, Leite FP, Lasmar Júnior E, Araújo Júnior CF. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to Eucalyptus harvest operations. Scientia Agricola. 2005; 62:248-255.

Foloni JSS, Calonego JC, Lima SL. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. Pesq. agropec. bras. 2003; 38:947-953.

Machado ALT, Reis AV, Ferreira MFP, Machado RLT, Machado ALC, Bauer GB. Influência da pressão de inflação do pneu do trator na resistência do solo à penetração. R. bras. Agrociência. 2005; 11:481-486.

Mazetto FR, Lanças KP, Nagaoka AK, Castro Neto P, Guerra SPS. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. Eng. Agríc. 2004; 24:750757.

Molin JP, Dias CTS, Carbonera L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. Revista Brasileira de Ciência Agrícola e Ambiental. 2012; 16:584-590.

Oliveira PR, Centurion JF, Centurion MAPC, Franco HBJ, Pereira FS, Bárbaro Junior LS, Rosseti KV. Qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja submetido a níveis de compactação e de irrigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2012; 36:587-597.

Tolon-Becerra A. et al. Traffic effect on soil compaction and yields of wheat in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research. 2011; 9:395-403.

Rabello LM, Cruvinel PE. Intelligent instrument to facilitate decision making the evalution of soil resistance to root penetration. Sci. Agric. 2009; 66:573-582.

Silva AP, Tormena CA, Imhoff S. Intervalo hídrico ótimo. In: Moraes MH, Muller MML, Foloni JSS. Qualidade física do solo: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep; 2002. p. 1-18.

Tormena CA, Barbosa MC, Costa ACS, Gonçalves ACA. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. Scientia Agricola. 2002; 59:795-801.

Vaz CMP, Bassoi LH, Hopmans JW. Contribuition of water contente and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe. Soil & Tillage Researsh. 2001; 60:35-42.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Resistência do Solo à Penetração em Sistemas Integrados de Produção na Serra Gaúcha - RS[1]

Roberto de Rossi Ferreira[2]; Catia Bertollo Chaves[3]; João Fernando Sana[3]; Rodrigo Jaques Camboim[3]; Letícia Salvi Kohn[2]; Gabrielle Mendes Passos[2]; Tiago Stumpf da Silva[4]; Michael Mazurana[5]; Cássio Antonio Tormena[6]; Ricardo Silva Pereira Mello[7]; Getulio Coutinho Figueiredo[5; 8]

[1] Projetos de Pesquisa UFRGS nº35757 e 36361; [2] Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dpto. de Solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre - RS, robertorossiferreira@hotmail.com; [3] Graduando em Agronomia, UFRGS; [4] Doutorando em Ciência do Solo, UFRGS; [5] Professor, Dpto. de Solos, UFRGS; [6] Professor Associado, UEM, Universidade Estadual de Maringá, Dpto. de Agronomia, Av. Colombo, 5790, Maringá-PR; [7] Professor Adjunto, UERGS, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, R. Oscar Matzembacher, 475, Tapes-RS; [8] Orientador, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS

## INTRODUÇÃO

A busca por maneiras mais baratas, fáceis e rápidas para avaliações das condições físicas do solo, relacionadas ao crescimento de raízes das plantas, tem como alternativa a penetrometria.

Os penetrômetros são utilizados para quantificar, através dos valores de resistência do solo à penetração (RP), o estado de compactação do solo. Dentre as vantagens destacam-se a facilidade de uso, praticidade, possibilidade de distinção de camadas compactadas ao longo do perfil avaliado, além da correlação com o crescimento radicular (Benghough & Mullins, 1990). Contudo, para a obtenção adequada dos dados de RP deve-se levar em conta, principalmente, a umidade e a densidade do solo, a fim de auxiliar na interpretação de seus valores quanto às condições de campo e sistemas de manejo agrícola (Busscher et al., 1997).

A Serra Gaúcha pertence a Mata Atlântica e, segundo Veloso et al. (1991) o bioma é considerado prioritário para a conservação da biodiversidade. O manejo agrícola intensivo nesta região leva à degradação da qualidade física do solo. Desta forma, em regiões que abrangem esse bioma, devem ser incentivadas alternativas para uma agricultura mais sustentável, tais como os sistemas integrados de produção.

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a resistência do solo à penetração em sistemas integrados de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Comunidade Caconde, localizada no limite sudeste do município de São Francisco de Paula e nordeste do município de Rolante (29°32' S e 50°28' O), no Rio Grande do Sul. O solo é classificado como Cambissolo Húmico (Streck et al., 2018), textura francoargilosa, apresentando, no perfil de 0-0,6 m, teores médios de 555 g $kg^{-1}$ de argila e 154 g $kg^{-1}$ de areia.

Os tratamentos consistiram de: *i)* mata nativa - ***MN***, sendo utilizada como referência da

qualidade física do solo; *ii)* sistema agroflorestal - ***SAF***, com histórico de plantio anual em rotação de batata (*Solanum tuberosum*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e milho (*Zea mays*) por, pelo menos, duas décadas, até o ano de 2010. Daí em diante, a área ficou em repouso, onde se estabeleceu uma vegetação secundária. Após cinco anos, sem que houvesse supressão dessa nova vegetação, mudas de Ervamate (*Ilex paraguariensis*) foram implantadas e conduzidas no local; *iii)* sistema de integração lavoura-pecuária - ***ILP***, com plantio em rotação a cada três anos de aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo (*Trifolium sp.*), de forma ininterrupta ao manejo de bovinos no local.

Em cada tratamento foram demarcados quatro transectos, de 11 pontos, espaçados a cada dois metros. Em campo, para a resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro de impacto, descrito em Stolf (1991). Com o trado holandês, em todos os pontos, foram coletadas amostras deformadas de solo nas profundidades de (0,0-0,1); (0,1-0,2); (0,2-0,4) e (0,4-0,6) m, para a determinação da umidade gravimétrica no momento da medição da RP, a fim de relacionar o valor de impedância mecânica do solo de acordo com sua condição hídrica. Nas mesmas profundidades, utilizando um amostrador de percussão e anéis de 300 $cm^3$, foram coletadas amostras para densidade do solo, sendo essas determinadas pelo método do anel volumétrico (Camargo et al., 2009). Em cada transecto, foram abertas duas trincheiras, situadas entre os pontos 2 e 3; 6 e 7; e uma trincheira no ponto 10. Sendo coletadas quatro amostras por trincheira, sendo 12 unidades por transecto, totalizando 144 amostras indeformadas.

As médias entre tratamentos e camadas foram comparadas por meio do intervalo de confiança ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados valores de resistência do solo à penetração (**Figura 1**) que possam expressar severas limitações ao crescimento de raízes das plantas em nenhum dos sistemas integrados de produção ao longo do perfil do solo, visto que a RP foi próxima de 3 MPa, segundo Taylor et al. (1966).

Da superfície até a profundidade de 0,4 m, o SAF apresentou o maior valor de RP, sendo esse de aproximadamente 2,6 MPa. O maior valor de densidade do solo, juntamente com o processo de secamento de seu perfil, gera condição para aumento da RP. Ainda no SAF, em profundidade de (0,4-0,6) m, o aumento da umidade (**Figura 2**) associado à diminuição da densidade do solo (**Figura 3**), melhorou a RP.

Na ILP, a profundidade (0,0-0,1) m, apresenta maiores valores de RP, próximos a 1,5 MPa nos primeiros centímetros do perfil do solo. Esse efeito pode ser explicado pelo pisoteio animal que ocorre no local. Segundo Trein et al. (1991), a força aplicada pelo pisoteio animal aproxima mais as partículas de solo, através da diminuição de seu espaço poroso e, consequentemente, provoca o aumento da densidade do solo (**Figura 3**). Com maior intensidade, o pisoteio pode levar ao declínio da qualidade estrutural do solo, afetando negativamente atributos como a impedância mecânica, retenção hídrica e os fluxos de água e gases no solo.




Figura 1. Resistência do solo à penetração de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema de integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS.

A densidade do solo (Figura 3) apresentou valores menores para a profundidade de (0,0-0,1) m na MN enquanto que valores maiores ocorreram nas profundidades de (0,0-0,1) e (0,1-0,2) m no SAF e na ILP. Esta diferença pode ser explicada pelo resquício do histórico de uso nesses locais que, ao longo dos anos, mais à superfície do perfil, provocou aumento da densidade do solo.

Os valores referentes à resistência do solo à penetração apresentaram diferenças ($p < 0,05$) em quase sua totalidade, quando comparados MN, SAF e ILP em profundidade (Tabela 1). Tais diferenças ao longo dos perfis avaliados mostram a sensibilidade do solo quanto às práticas de manejo adotadas, principalmente nas profundidades de (0,0-0,1) e (0,1-0,2) m, onde as atividades exercem maior influência sobre a qualidade física do solo.

## CONCLUSÕES

A avaliação da resistência do solo à penetração nos perfis de solo estudados foi sensível para identificar mudanças no estado de compactação do solo provocadas pelos diferentes sistemas integrados de produção.

Não foram encontrados valores de resistência do solo à penetração que sejam limitantes ao crescimento das raízes das plantas nos sistemas integrados de produção avaliados.

AGRADECIMENTOS: A UFRGS, aos professores e bolsistas do programa de Pósgraduação em Ciência do Solo pela disponibilização de instalações, equipamentos e ajuda nas análises do experimento. Ao Grupo de Pesquisa Relação Solo-Máquina (GPRSM). Projetos de Pesquisa UFRGS sob registros nº 35757 e nº 36361. A CAPES pela bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS

Benghough AG, Mullins CE. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. J. Soil Sci. 1990; 41:341-358.

Busscher WJ, Bauer PJ, Camp CR, Sojka RE. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. Soil Till. Res. 1997; 43:205-217.

Camargo OA, Moniz AC, Jorge JA, Valadares JMAS. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico; 2009. (Boletim Técnico, 106).

Glantz SA, Slinker BK. Primer of applied regression and analysis of variance. New York: McGraw-Hill, 1990.

Stolf R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. R. Bras. Ci. Solo. 1991; 15:229235.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PCdo, Giasson E, Pinto LFS. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RSASCAR, 2018.

Taylor HM, Roberson GM, Parker JrJJ. Soil strengthroot penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. Soil Sci. 1966; 102:18-22.

Trein CR, Cogo NP, Levien R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. R. Bras. Ci. Solo. 1991; 15:105-111.

Veloso HP, Filho ALRR, Lima JCA. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE; 1991.

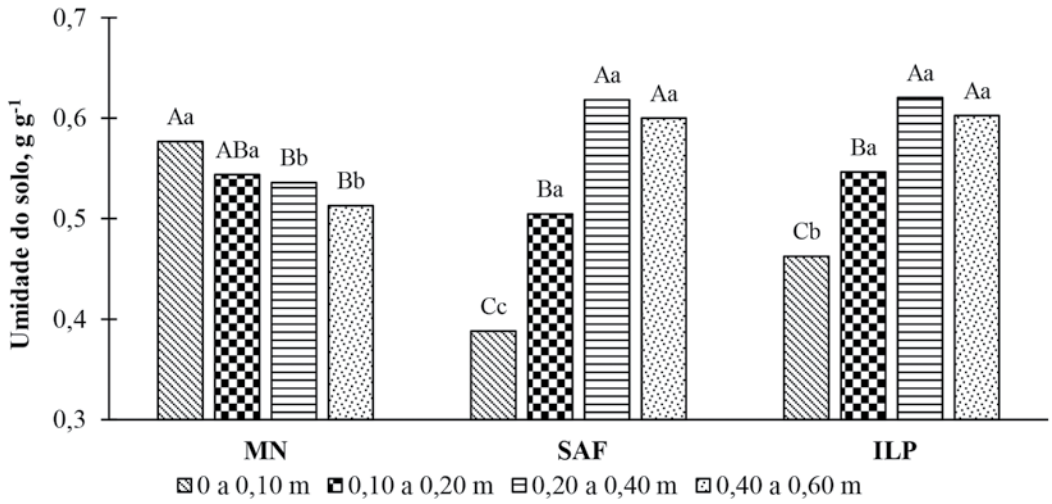



**Figura 2.** Umidade de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema de integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS. Valores seguidos de letras maiúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre profundidades do solo. Valores seguidos de letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. $p > 0,05$ reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

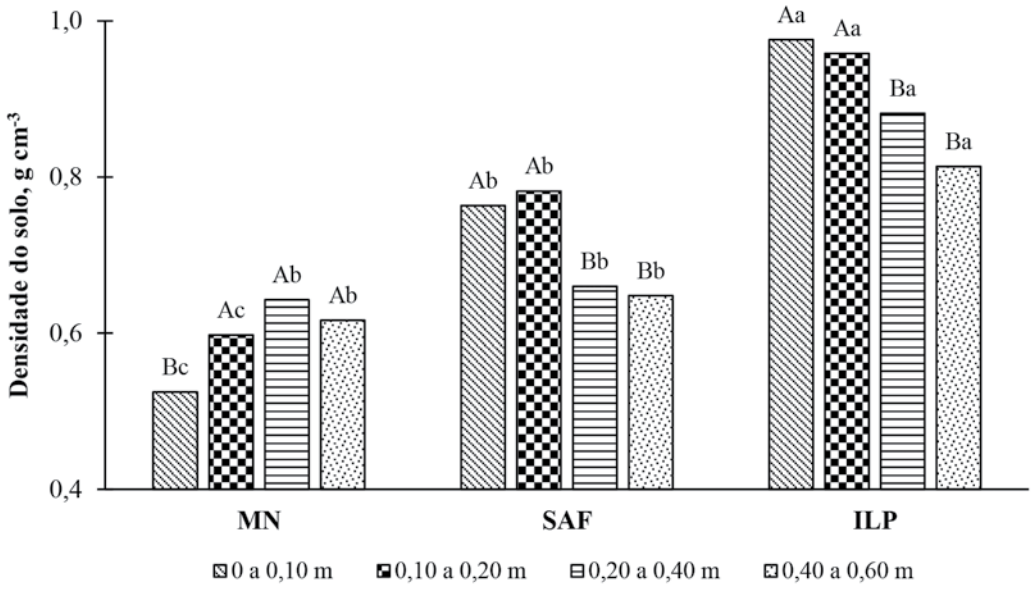



**Figura 3.** Densidade do solo de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema de integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS. Valores seguidos de letras maiúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre profundidades do solo. Valores seguidos de letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças não significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. $p > 0,05$ reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

**Tabela 1.** Comparação de médias da resistência do solo à penetração de um Cambissolo Húmico, textura franco-argilosa, sob mata nativa - MN, sistema agroflorestal - SAF e sistema de integração lavoura-pecuária - ILP, em São Francisco de Paula-RS.

| Profundidade de solo | Tratamentos | | | Profundidade de solo | Tratamentos | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ---m--- | MN x SAF | MN x ILP | SAF x ILP | ---m--- | MN x SAF | MN x ILP | SAF x ILP |
| 0,00 - 0,05 | * | * | * | 0,30 - 0,35 | ns | * | * |
| 0,05 - 0,10 | * | * | * | 0,35 - 0,40 | * | * | * |
| 0,10 - 0,15 | * | * | * | 0,40 - 0,45 | * | * | * |
| 0,15 - 0,20 | * | * | * | 0,45 - 0,50 | * | * | * |
| 0,20 - 0,25 | * | * | * | 0,50 - 0,55 | * | * | * |
| 0,25 - 0,30 | * | * | * | 0,55 - 0,60 | * | * | * |

*, $p > 0,05$; ns, não significativo, pois reflete o intervalo de confiança da diferença entre pares de médias quando este inclui o valor zero (Glantz & Slinker, 1990).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Sensibilidade do modelo CROPGRO para relacionar produtividade da soja com compactação do solo

Rodrigo Pivoto Mulazzani[1]; Paulo Ivonir Gubiani[2]

[1]Pesquisador voluntário; Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900; rpmulazzani@gmail.com; [2]Professor; Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900.

## INTRODUÇÃO

O aumento do estado de compactação do solo (EC) na agricultura de larga escala está relacionado a fatores como tráfego intenso de máquinas, rotação de culturas com poucas espécies e pouca deposição de biomassa na superfície do solo.

O aumento de EC afeta negativamente propriedades hidráulicas e mecânicas do solo associadas ao crescimento radicular e pode reduzir a produtividade das plantas (BEULTER; CENTURION, 2004; MORAES et al., 2019). Entretanto, há situações em que essa associação não acontece (BENJAMIN et al., 2003; GUBIANI et al., 2013), que são os casos nos quais o aumento de EC não implica aumento de algum estresse a ponto de reduzir a produtividade das plantas. Por exemplo, o estresse hídrico é um fenômeno complexo, que depende da interação de processos que ocorrem no solo, na planta e na atmosfera. Por isso, a associação entre propriedades físicas solo e produtividade de plantas é irregular. Redução na produtividade com o aumento de EC pode ser verificada se mudanças nas propriedades físicas do solo desencadeiam estresses (principalmente hídrico) mais frequentes.

O monitoramento de variáveis de solo, meteorológicas e de planta permite quantificar a ocorrência de estresses à medida que eles ocorrem (se ocorrerem) durante o ciclo de crescimento. Entretanto, a modelagem de processos físicos e fisiológicos possibilita predizer se a compactação do solo intensifica o estresse hídrico e perda de produtividade das culturas e possibilita avaliar estratégias de manejo de solo para minimizar tais impactos.

A plataforma DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Jones et al. (2003)) abriga mais de 30 modelos de crescimento de plantas e possibilita avaliar a associação entre EC e produtividade das culturas, pois integra processos físicos e fisiológicos que condicionam a ocorrência de estresse hídrico. Avaliar o efeito de EC com o modelo de cultura CROPGRO do DSSAT sobre a produtividade da soja é particularmente interessante devido à grande área cultivada e a ocorrência de condições propícias ao aumento de EC nas lavouras de soja.

Por isso, o objetivo desse estudo foi simular 29 cultivos de soja em diferentes estados de compactação para caracterizar a sensibilidade do modelo CROPGRO em relacionar produtividade da soja com compactação do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo consistiu em simulações de produtividade de 29 cultivos de soja pelo modelo CROPGRO (DSSAT versão 4.6) em 12 estados de compactação do solo (EC).

Um perfil de solo hipotético com 100 cm e textura homogênea (12% argila, 23% silte e 65% areia, semelhante ao horizonte A de um Argissolo) foi dividido em sete camadas (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) com a densidade do solo (ρ) distribuída de diferentes modos entre as camadas para compor os cenários de EC. Os 12 cenários de EC foram agrupados em três modos de distribuição da ρ: perfil homogêneo compactado (PHC), camada com compactação gradual (CCG) e camada com compactação local (CCL) (Figura 1).

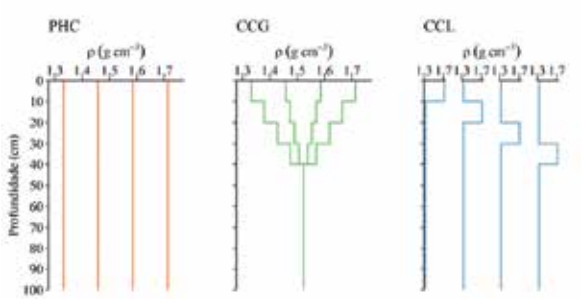



**Figura 1.** Cenários de estado de compactação do solo agrupados nos modos de distribuição da ρ no perfil de solo: perfil homogêneo compactado (PHC), camada com compactação gradual (CCG) e camada com compactação local (CCL).

Os parâmetros de solo utilizados pelo CROPGRO que variam com EC são o limite superior de drenagem e limite inferior de disponibilidade de água (correspondentes aos conteúdos de águas nos potenciais matriciais de 100 e -15.000 cm), o conteúdo de água na saturação e a condutividade hidráulica de solo saturado. Estes parâmetros foram estimados com função de pedotransferência (Schaap et al., 2001) a partir da textura e da ρ de cada camada. Os valores dos parâmetros de solo que são independentes de EC e estão disponíveis no DSSAT foram escolhidos de maneira a melhor representar um horizonte A de um Argissolo. Usou-se CN = 73 (curva número de escoamento superficial), albedo = 0.14 e taxa de drenagem = 0.75. O fator utilizado pelo modelo para ponderar a distribuição do crescimento radicular entre as camadas foi considerado o mesmo para todos os EC, conforme o padrão do DSSAT.

A maioria dos parâmetros genéticos da soja utilizados nas simulações foram os da cultivar de soja NA 5909 RG (Nidera Sementes S.A) de hábito indeterminado e grupo de maturação 6.2, calibrados por Fensterseifer et al., (2017) para o RS. Os parâmetros genéticos não calibrados foram os equivalentes ao de uma cultivar de hábito indeterminado e grupo de maturação 6, disponível no banco de dados do DSSAT.

As simulações foram feitas com dados meteorológicos de 29 anos (1991 a 2020) da estação convencional de Santa Maria (OMM 83936), RS, Brasil. A semeadura foi estabelecida para 15 de novembro, com linhas espaçada 45 cm entre si, com 5 cm de profundidade e 30 plantas emergidas por $m^2$.

A sensibilidade do CROPGRO para relacionar produtividade da produtividade com EC foi avaliada considerando a variação na produtividade entre os grupos de EC (PHC, CCG e CCL) e dentro de cada grupo nas 29 simulações. Também foi avaliada a relação entre variação de produtividade e o estresse hídrico estimado pelo modelo em cada cultivo. Apenas o subperíodo de enchimento de grãos (entre R5 e R7) foi considerado para a análise de frequência de ocorrência de estresse hídrico associada à variação de EC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 75% das simulações, a redução na produtividade da soja variou de 0 a 548 kg $ha^{-1}$ para o grupo PHC, de 0 a 107 kg $ha^{-1}$ para o grupo CCG e de 0 a 2 kg $ha^{-1}$ para o grupo CCL (**Figura 2**). Portanto, a sensibilidade do CROPGRO é diretamente proporcional ao número de camadas com EC alterado.

Isso é coerente com o efeito negativo causado pelo aumento de EC nas propriedades hidráulicas e mecânicas do solo associadas ao crescimento das raízes e que podem reduzir a produtividade (BEULTER; CENTURION, 2004; MORAES et al., 2019). Entretanto, a baixa sensibilidade do modelo à mudança de EC em apenas uma camada (grupo CCL) (Figura 2) diverge de trabalhos como o de Conte et al. (2009), que mostram que o aumento de ρ (1,58 para 1,62 g $cm^{-3}$) em uma camada (9 – 18 cm) é capaz de causar redução expressiva (23%) na produtividade das plantas (milho). Isso pode ter ocorrido porque as simulações foram feitas com mesmo fator de distribuição das raízes no perfil, independentemente do cenário de EC.

A variação de produtividade causada em cada ciclo de cultivo foi relacionada com a ocorrência de estresse hídrico durante o enchimento de grãos (subperíodo no qual a produtividade da soja é mais sensível ao estresse hídrico) (Figura 3). Nos ciclos em que não houve estresse hídrico durante o enchimento de grãos, a variação da produtividade foi nula. A variação da produtividade aumentou (passou de 0 para 2227 kg $ha^{-1}$) com o aumento da frequência de estresse hídrico até 36% e reduziu (ficou abaixo de 847 kg $ha^{-1}$) acima desse limite (**Figura 3**).

Evidências obtidas a partir da análise dos processos do sistema solo-planta-atmosfera (VAN LIER; GUBIANI, 2015) e de observações experimentais (BENJAMIN et al., 2003; GUBIANI et al., 2014, 2013) revelam que as condições meteorológicas regulam a ocorrência de efeito negativo de EC no crescimento e produtividades das plantas. Portanto, alterações nas propriedades físicas do solo causadas pela mudança de EC causam redução da produtividade se a combinação dessas mudanças com as condições meteorológicas proporcionarem maior restrição hídrica às plantas. A dependência da sensibilidade do CROPGRO à ocorrência de estresse hídrico (Figura 3) mostra que a integração de processos físicos e fisiológicos realizada pelo modelo permite identificar em que circunstâncias (combinação de fatores de solo, de planta e meteorológicos de cada ciclo de cultivo) a produtividade é afetada por EC e em quais não é.

## CONCLUSÕES

A sensibilidade do CROPGRO para relacionar produtividade de soja com EC varia com o modo distribuição de EC no perfil de solo (compactação homogênea, gradual ou local).

A sensibilidade do modelo também está relacionada à ocorrência de estresse hídrico que decorre da interação de processos no sistema soloplanta-atmosfera de cada cultivo.

**AGRADECIMENTOS:** Esse trabalho teve apoio financeiro da CAPES e CNPq.

## REFERÊNCIAS

Benjamin, J.G., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., 2003. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. Geoderma 116, 137-148.

Beulter, A.N., Centurion, J.F., 2004. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. Pesqui. Agropecuária Bras. 39, 581-588.

Conte, O., Levien, R., Trein, C.R., Debiasi, H., Mazurana, M., 2009. Rendimento do milho em dife-

rentes condições físicas de solo e quantidade de resíduo na ausência ou na presença de irrigação. Cienc. Rural 39, 1069-1076.

Fensterseifer, C.A., Streck, N.A., Baigorria, G.A., Timilsina, A.P., Zanon, A.J., Cera, J.C., Rocha, T.S.M., 2017. On the number of experiments required to calibrate a cultivar in a crop model: The case of CROPGRO-soybean. F. Crop. Res. 204, 146-152.

Gubiani, P.I., Reichert, J.M., Reinert, D.J., 2013. Indicadores hídrico-mecânicos de compactação do solo e crescimento de plantas. Rev. Bras. Ciência do Solo 37, 1-10.

Gubiani, P.I., Reinert, D.J., Reichert, J.M., 2014. Valores críticos de densidade do solo avaliados por condições de contorno. Ciência Rural 44, 994-1000.

Jones, J.., Hoogenboom, G., Porter, C.., Boote, K.., Batchelor, W.., Hunt, L.., Wilkens, P.., Singh, U., Gijsman, A.., Ritchie, J.., 2003. The DSSAT cropping system model. Eur. J. Agron. 18, 235-265.

Moraes, M.T. de, Debiasi, H., Franchini, J.C., Bonetti, J. de A., Levien, R., Schnepf, A., Leitner, D., 2019. Mechanical and hydric stress effects on maize root system development at different soil compaction levels. Front. Plant Sci. 10, 1-18.

Schaap, M.G., Leij, F.J., Van Genuchten, M.T., 2001. Rosetta: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. J. Hydrol. 251, 163-176.

Van Lier, Q. de J., Gubiani, P.I., 2015. Beyond the "least limiting water range": rethinking soil physics research in brazil. Rev. Bras. Ciência do Solo 39, 925-939.

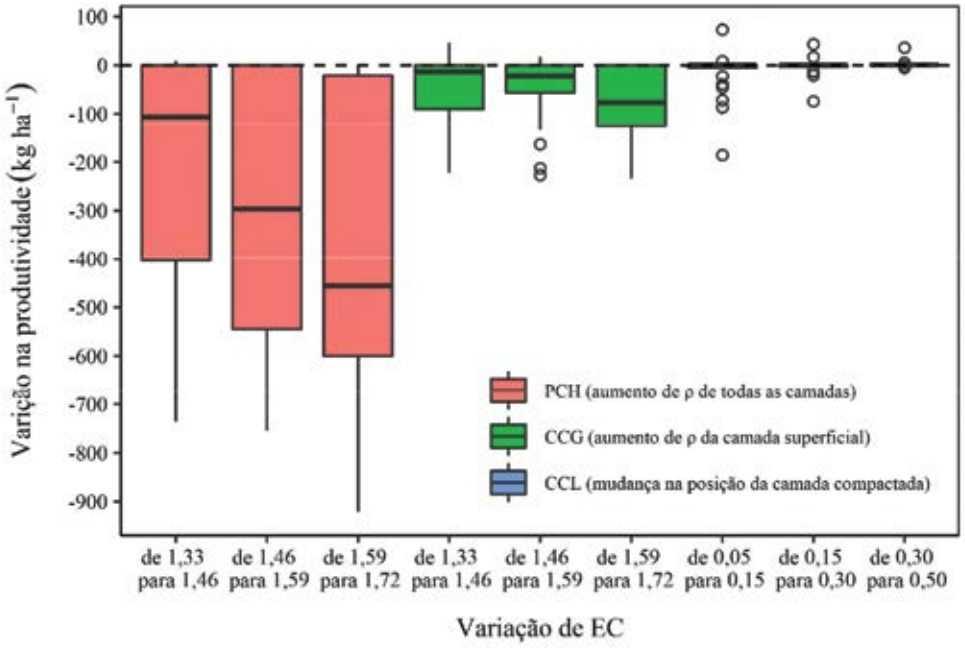



Figura 2. Variação da produtividade de grãos de soja em função da variação dos cenários de estado de compactação do solo (EC) em 29 cultivos simulados. PHC – perfil homogêneo compactado. CCG – camada com compactação gradual. CCL – camada com compactação local. ρ – densidade do solo (g $cm^{-3}$).

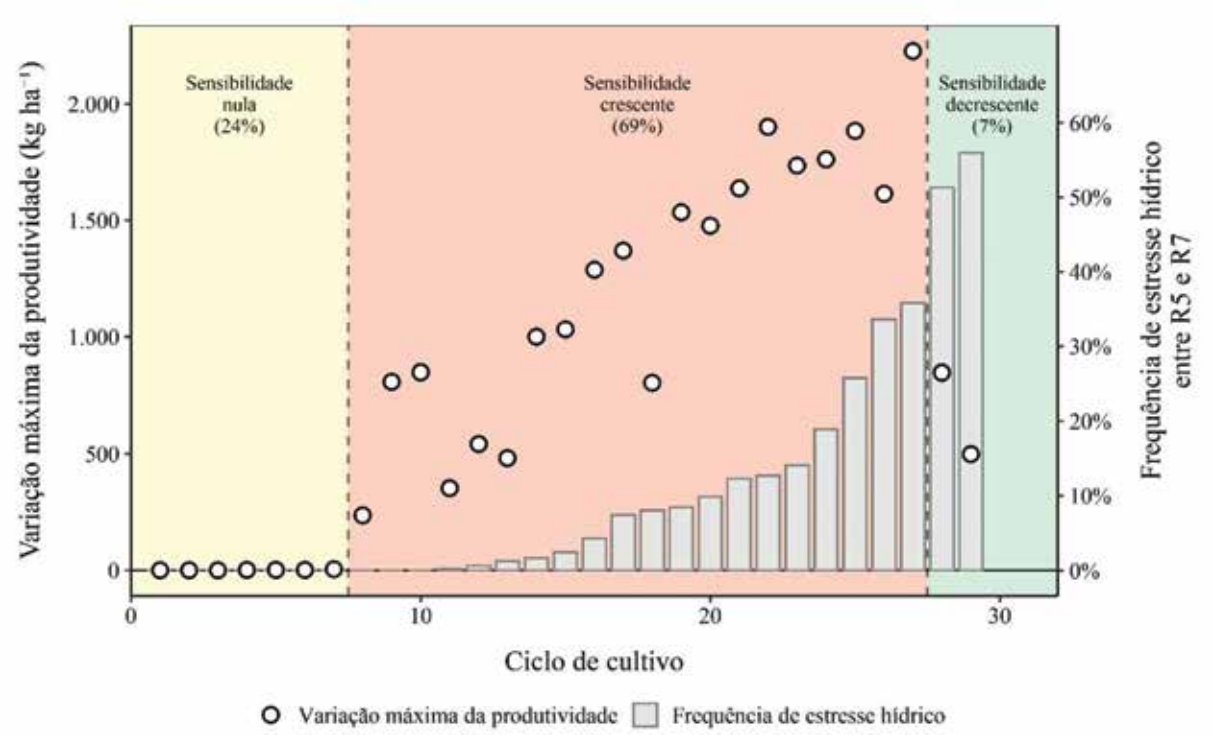



Figura 3. Relação entre a variação de produtividade de soja causada e a frequência de estresse hídrico durante o subperíodo de enchimento de grãos (R5 a R7) em 29 cultivos simulados.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Variabilidade e Correlação Espaço-Temporal da Estrutura do Solo com a Produtividade da Soja, numa Catena do Pampa.

Bianca Guse Vieira[1]; Júlio César Wincher Soares[2]; Lucas Nascimento Brum[3]; Otávio Ladislau Garcia Medeiros[4]; Thaynan Hentz de Lima[4]; Fernanda Soares Vezzosi [4]; Vânius Venturini Veiga[2].

[1]Acadêmica em Agronomia, Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões -URI-Campus Santiago, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago RS, biaviera84@gmail.com; [2] Professor do Curso de Agronomia; Instituição Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santiago; [3]Engenheiro Agrônomo;[4] Graduando em Agronomia.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a cultura da soja mostrou um aumento significativo na área plantada e produtividade no Brasil.

O manejo do solo modifica a sua estrutura, intervindo na porosidade e densidade e como consequência, promove a disposição e integração das suas partículas, resultando na elevação da qualidade física. A boa estruturação do solo promove uma maior atividade biológica em razão de valores adequados de porosidade, boa aeração, infiltração e retenção de água, promovendo uma melhor elongação radicular e desenvolvimento das culturas (REICHERT et al., 2003).

Em solos compactados, o menor desenvolvimento do sistema radicular resulta em menor volume de solo explorado pelas raízes e, consequentemente, menor absorção de água e nutrientes (HAKANSSON et al., 1998).

A variabilidade espacial da produtividade das culturas tem sido atribuída, entre outros fatores, a diferenças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. As técnicas geoestatísticas, com base na construção de semivariogramas, permitem a descrição da dependência espacial das propriedades dos solos (VIEIRA, 2000).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar no espaço e no tempo, as propriedades físicas do solo, ligadas a sua estrutura, bem como, as suas correlações com a produtividade da cultura da soja, numa catena do Pampa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, com coordenas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 S).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), a área de estudo é formada por Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos.

Foram realizadas prospecções em 52 pontos de uma malha fixa multitemporal, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 a 0,2 m, numa área de 1,17 ha.

Para locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (*Global navigation Satellite System*), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK), utilizando o datum horizontal SIRGAS2000.

Nos diferentes pontos, foram coletadas amostras indeformadas para a avaliação das propriedades: densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO). A produtividade da soja (PS) foi determinada através da pesagem dos grãos, coletados em 1 $m^2$, nos 52 pontos da malha. Após ter os resultados, foi realizada a análise estatística descritiva, o teste de normalidade kolmogorov – smirnov, a análise de correlação de Pearson ($p<0,05$). e a geoestatística. Por último, foram elaborados os mapas de distribuição espacial das diferentes variáveis utilizando a krigagem ordinária.

Na safra comercial 2018/2019 ocorreu a incidência de ferrugem asiática na área. Segundo a pesquisadora Claudia Godoy, da Embrapa Soja, "A semeadura cedo, associada às plantas de soja voluntárias (guaxas) com ferrugem que sobraram do vazio sanitário e as condições favoráveis, com chuvas bem distribuídas, fez com que as primeiras ocorrências fossem antecipadas em até um mês em relação à safra 2017/2018".

Conforme os dados pluviométricos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada na área de estudo, nos diferentes anos de monitoramento, as chuvas apresentaram distribuição normal durante o ciclo da cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados das propriedades do solo, bem como da produtividade da soja foi normal ($p<0,01$), conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva das propriedades físicas dos solos e da produtividade da soja, numa catena do Pampa, em dois anos de monitoramento.

| Forma | N | Mínimo | Máximo | Media | CV% | SIG |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2018 | | | |
| Ds | 52 | 1,19 | 1,44 | 1,31 | 4,73 | 0,961 |
| PT | 52 | 39,12 | 60,26 | 46,75 | 10,08 | 0,980 |
| Micro | 52 | 34,19 | 45,58 | 38,10 | 7,16 | 0,492 |
| Macro | 52 | 1,05 | 17,79 | 8,65 | 39,50 | 0,975 |
| Prod. | 52 | 0,00 | 77,28 | 43,52 | 30,83 | 0,863 |
| | | | 2019 | | | |
| Ds | 52 | 1,10 | 1,50 | 1,32 | 8,76 | 0,002 |
| PT | 52 | 45,00 | 63,40 | 54,48 | 7,94 | 0,634 |
| Micro | 52 | 36,1 | 45,50 | 41,73 | 6,12 | 0,240 |
| Macro | 52 | 5,10 | 21,30 | 12,75 | 35,88 | 0,549 |
| Prod. | 52 | 17,1 | 79,16 | 40,32 | 30,79 | 0,516 |

Legenda: CV%: Coeficiente de Variação. SIG: Significância ($p<0,05$). Ds: Densidade. PT: Porosidade Total. Micro: Microporosidade. Macro: Macroporosidade. Prod.: Produtividade.

Dentre as etapas de manejo, o preparo do solo está entre as atividades que mais influenciam no seu comportamento físico, pois atua diretamente na estrutura, podendo causar modificações na porosidade, na retenção de água e na resistência mecânica à penetração (SILVA et al., 1994). Com base nos resultados dispostos na **Tabela 1**, é possível inferir que houve um aumento nos valores de macroporosidade, fato este que explica a melhoria nos valores de densidade e porosidade total do solo, para o ano de 2019.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson para as propriedaes físicas dos solos e para produtividade da soja catena do Pampa, em dois anos de monitoramento.

| | Ds | PT | micro | macro | Prod. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2018 | | |
| Ds | 1 | -,625* | -,182 | -,717* | -,315* |
| PT | -,625* | 1 | ,699* | ,821* | ,371* |
| Micro | -,182 | ,699* | 1 | ,165 | ,531* |
| Macro | -,717* | ,821* | ,165 | 1 | ,087 |
| Prod. | -,315* | ,371* | ,531* | ,087 | 1 |
| | | | 2019 | | |
| Ds | 1 | -,856* | -,820* | ,016 | -,419* |
| PT | -,856* | 1 | 835* | ,200 | ,440* |
| Micro | -,820* | ,835* | 1 | -,372* | ,411* |
| Macro | ,016 | ,200 | -,372* | 1 | ,010 |
| Prod. | -,419* | ,440* | ,411* | ,010 | 1 |

SIG: Significância ($p<0,05$). Ds: Densidade. PT: Porosidade Total. Micro: Microporosidade. Macro: Macroporosidade. Prod.: Produtividade.

Analisando os dados presentes na **Tabela 2**, observa-se que no ano de 2018 a densidade do solo, a porosidade total e a microporosidade do solo apresentaram correlação com a produtividade da soja, e o mesmo pôde ser observado no ano de 2019. Para ambos os períodos, a densidade do solo apresentou correlção negativa com a produtividade da cultura da soja, ou seja, quanto maior a densidade, menor será a produtividade.

Contudo, a porosidade total e a microporosidade apresentaram correlação positiva com a produtividade da soja.

**Tabela 3.** Análise geoestatística das propriedades físicas dos solos e da produtividade da soja, numa catena do Pampa, em dois anos de monitoramento

| | Modelo | Pepita | Patamar | Alcance | DE | GDE% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2018 | | | |
| Ds | Stable | 0,000 | 0,00 | 24,61 | Forte | 0,00 |
| PT | Stable | 0,000 | 551,0 | 19,05 | Forte | 0,00 |
| micro | Stable | 0,000 | 165,0 | 31,56 | Forte | 0,00 |
| macro | Stable | 0,000 | 0,00 | 23,90 | Forte | 0,00 |
| prod | Exponencial | 0,000 | 87,0 | 176,78 | Forte | 0,00 |
| | | | 2019 | | | |
| Ds | Exponencial | 0,000 | 997,0 | 29,76 | Forte | 0,00 |
| PT | Exponencial | 0,000 | 4329,0 | 21,73 | Forte | 0,00 |
| micro | Esférico | 0,000 | 992,0 | 28,84 | Forte | 0,00 |
| macro | Esférico | 0,000 | 3787,0 | 28,49 | Forte | 0,00 |
| prod | Exponencial | 0,000 | 278,0 | 28,49 | Forte | 0,00 |

Ledenda: Ds: Densidade do solo; PT: Porosidade Total; Micro: Microporosidade; Macro: Macroporosidade; prod: Produtividade; GDE%: Grau de Dependencia Espacial.

Conforme a **Tabela 3**, não foi observada variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY, 1986). O patamar é um parâmetro de grande importância, que conforme Cambardella et al. (1994), está relacionado com a determinação do alcance, ou seja, sendo o limite entre a dependência espacial e a independência espacial dos dados, assim, determina qual o método estatístico deve ser utilizado para a realização da análise dos dados, como também na definição da mínima distância entre os pontos amostrais. De acordo com Davis (1986), o alcance é um critério importante para estudos de geoestatística, que significa a distância máxima que a variável em estudo está correlacionada espacialmente, ou seja, maiores valores de alcance contribuem para uma maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ, 2006).

Os mapas de distribuição espacial das variáveis demonstram correlação das propriedades físicas do solo com a produtividade da cultura da soja, no espaço e no tempo, durante os dois anos de monitoramento.

**Figura 1.** Mapas de distribuição espacial das propriedades físicas do solo, numa catena do Pampa, em dois anos de monitoramento.

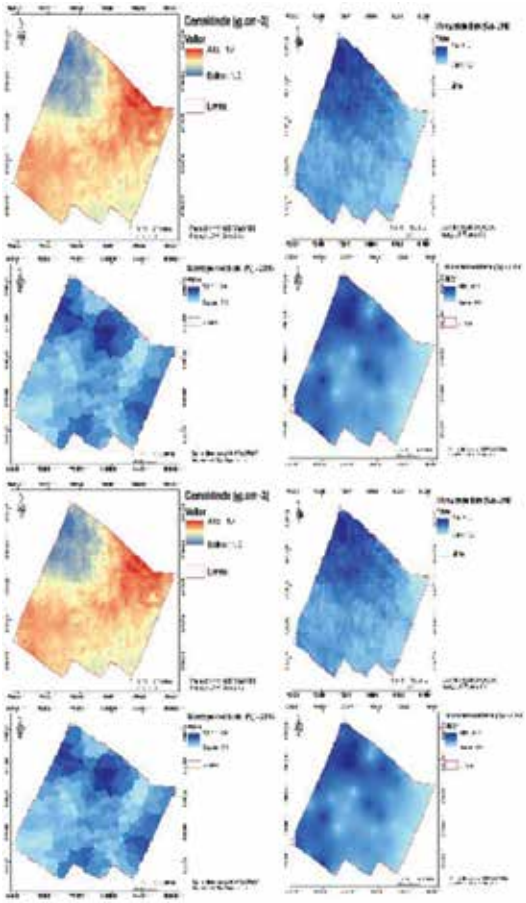
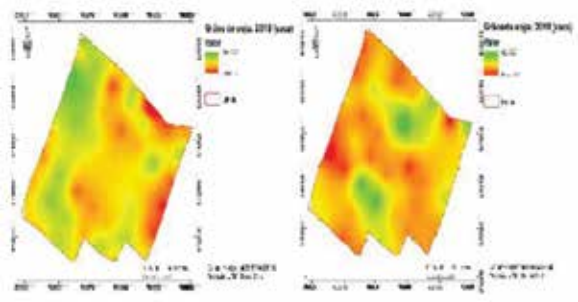


**Figura 2.** Mapas de distribuição espacial da produtividade de grãos da cultura da soja, numa catena do Pampa, em dois anos de monitoramento.



## CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal das propriedades físicas do solo durante o período de monitoramento.

Houve correlação das propriedades físicas do solo com a produtividade da cultura da soja, no espaço e no tempo.

A intensidade amostral foi de suma importância para a descrição acurada das variáveis estudadas.

## REFERÊNCIAS

Cambardella, CA.; Moorman, TB.; Novak, JM.; Parkin, TB.; Karlen, DL.; Turco, RF. ;Konopka, AE. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

Corá JE, Beraldo JMG. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, v. 26, p. 374-387, 2006.

Davis JC. Statistics and data analysis in geology. 2 ed. New York: Jonh Wiley, 1986. 646p.

Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

Hakansson I, Stenberg M, Rydberg T. Long-term experiments with different depths of mouldboard plowghing in Sweden. Soil and Tillage Research, v.46, p.209-223, 1998.

Mcbratney AG, Webster AG. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. Journal of Soil Science, v. 37, p. 617-639, 1986.

Reichert JM, Reinert DJ, Braida JA. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: Condições físicas do solo agrícola. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, SBCS, 2003. [CD ROM].

Tormena CA, Silva AP, Libardi PL. Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal, v.58, p. 1775-1781, 1994.

Vieira SR. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais RF, Alvarez VH, Schaefer GR. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p. 1-54.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Variabilidade Espaço-Temporal da Estrutura do Solo, Pós-Inserção da Cultura da Soja, Numa Catena do Pampa – V anos de monitoramento

Thuanny Malavolta Couceiro[1]; Julio César Wincher Soares[2]; Lucas Nascimento Brum[3]; Higor Machado de Freitas[4]; Otávio Ladislau Garcia Medeiros[5]; Thaynan Hentz de Lima[5]; Fernanda Soares Vezzosi[5]; Layla Amália Prestes de Oliveira[5]; Bianca Guse Vieira[5]

[1]Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97711-500, thuannycouceiro@gmail.com; [2]Professor Dr., Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago; [3] Engenheiro Agronomo, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; [4] Mestrando em Ciência do Solo (Universidade Federal de Santa Maria); [5] Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago.

## INTRODUÇÃO

A qualidade física do solo é um fator preponderante para o desenvolvimento das culturas, visto que a distribuição correta de seus agregados proporciona um melhor desenvolvimento radicular e em consequência melhor absorção de nutrientes e trocas gasosas, essenciais para o desenvolvimento vegetal.

Uma boa estrutura do solo está relacionada diretamente a relação entre elementos minerais e orgânicos, os quais promovem um acomodamento das partículas do solo, que definidas através de um manejo adequado, proporcionam ao longo do tempo um ambiente propicio para infiltração e retenção de água, trocas gasosas necessárias a nutrição e desenvolvimento vegetal.

O emprego de indesejadas de manejo não sustentáveis no solo pode causar a degradação de sua qualidade física, química e biológica (COSTA et al., 2003; NUNES, 2003), o que em muitas vezes, pode ser de difícil reversão, afetando diretamente a sua fertilidade.

A geoestatística descreve a variabilidade espacial dos diferentes componentes da estrutura do solo, sendo assim possível gerar mapas acurados para as bases de informação dos setores de produção (McBRATNEY et al., 1986). A geoestatística é a parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição (MEIRELLES et al.).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal de componentes da estrutura dos solos de uma catena do Pampa, em cinco anos de monitoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, com coordenas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 S). Conforme

o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), na Catena em estudo, com 1,17 ha, desenvolvem-se polipedons de ARGISSOLOS VERMELHOS, CAMBISSOLOS HÁPLICOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS, com grande contribuição da fração silte para a composição textural, tendo a classificação do horizonte A como franco-siltoso (textura média: silte 560 g $kg^{-1}$, areia 240 g $kg^{-1}$, argila 200 g $kg^{-1}$). Inicialmente, a ocupação do solo era constituída por campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento. Em 2017, foi realizada a inserção da cultura da soja, em plantio convencional, a partir do ano de 2018 foram adotadas técnicas de manejo conservacionista visando a implantação do sistema de plantio direto.

Nos anos de 2016 e 2020, foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha amostral fixa, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m.

Para a locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK), utilizando o datum horizontal SIRGAS2000. Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO), as análises laboratoriais foram realizadas conforme Donagema (2011).

A variabilidade do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, $p>0,05$.

Utilizando-se a geoestátisca, foram realizados os ajustes dos modelos de semivariogramas aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Foram testados os modelos: stable, circular, esférico, gaussiano e exponencial. Posteriormente, o grau de dependência espacial (IDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994). Em seguida, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de Pearson ($p<0,01$).

O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme Evans (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderada (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

Por fim, os mapas das diferentes propriedades físicas do solo foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária do ArcGIS® 10.5.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva demonstrou que os resultados das propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva das propriedades físicas dos solos de uma catena do Pampa.

| Prop. | Casos | Mín. | Máx. | Méd. | CV (%) | K-S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2016 | | | |
| DS | 52 | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 8,0 | 0,0 |
| PT | 52 | 34,1 | 62,9 | 48,1 | 10,0 | 0,0 |
| MACRO | 52 | 1,2 | 16,9 | 10,5 | 34,0 | 0,1 |
| MICRO | 52 | 31,6 | 45,9 | 37,6 | 7,0 | 0,0 |
| | | | 2020 | | | |
| DS | 52 | 1,00 | 1,60 | 1,27 | 0,15 | 1,33 |
| PT | 52 | 43,90 | 69,70 | 57,12 | 7,03 | 1,19 |
| MACRO | 52 | 1,90 | 47,50 | 40,58 | 2,78 | 0,68 |
| MICRO | 52 | 32,40 | 16,53 | 8,35 | 1,17 | 0,12 |

Legenda: F: formas. C: casos. Mín: mínimo. Máx: máximo. Méd: média. CV: coeficiente de variação. SIG: significância

Sob o campo nativo, os solos apresentaram densidade (DS) média de 1,3 g $cm^{-3}$, variando entre 0,9 e 1,5 g $cm^{-3}$. A porosidade total (PT) teve média de 48,1 %, variando entre 34,1 e 62,9 %. Da PT, a macroporosidade (MACRO) teve média de 10,5 %, variando entre 1,2 e 16,9 %. Por fim,

a microporosidade (MICRO) teve média de 37,6 %, variando entre 31,6 e 45,9%. Já para o ano de 2020, após cinco anos de monitoramento, a densidade média do solo retornou para o valor inicial de 1,3 g $cm^{-3}$, oscilando entre 1,0 e 1,6 g $cm^{-3}$. A porosidade total média, por sua vez, teve incremento para 57,1 %, variando entre 43,9 e 69,7 %. A macroporosidade e a microporosidade também apresentaram incremento em seus valores médios, 16,5% e 40,5%, respectivamente (Tabela 1).

Segundo Kiehl (1979), a PT deve estar em torno de 50%; assim, considerando os valores médios da PT, nos diferentes momentos, pode-se inferir que a PT esteve adequada nos diferentes sistemas. O mesmo padrão foi observado na variação temporal da MICRO e da DS (Tabela 1)

Em 2016, os dados de DS, MACRO e MICRO seguiram com o ajuste ao modelo Gaussiano, com valores respectivos de 113,51, 93,85 e 27,50. Para os dados de MACRO, o ajuste se deu ao modelo exponencial, os dados de PT se ajustaram ao modelo Stable, com alcance de 18,77 e 24,25 m, respectivamente (Tabela 2).

Em 2020, os dados de PT se ajustaram ao modelo stable, e os dados de DS, MACRO e MICRO ao modelo exponencial com valores de alcance superiores a 20 m e efeito pepita de 0 (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos de semivariogramas ajustados para de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade dos solos, em uma catena do Pampa.

| Parâmetro | DS | MACRO | MICRO | PT |
|---|---|---|---|---|
| Campo Nativo (2016) | | | | |
| Modelo | Gaussiano | Gaussiano | Gaussiano | Stable |
| Alcance | 113,51 | 93,85 | 27,50 | 96,51 |
| Patamar | 0,01 | 9,00 | 6,67 | 15,93 |
| Pepita | 0,00 | 6,08 | 1,29 | 11,91 |
| M | -0,001 | -0,038 | 0,068 | 0,026 |
| RMS | 0,090 | 3,215 | 2,412 | 3,791 |
| MS | -0,003 | -0,007 | 0,025 | 0,006 |
| RMSS | 0,993 | 1,001 | 0,977 | 0,984 |
| ASE | 0,090 | 3,209 | 2,420 | 3,861 |
| DE | Forte | Mod. | Forte | Mod. |
| GDE | 0,00 | 67,63 | 19,42 | 74,77 |
| Plantio Direto (2020) | | | | |
| Modelo | Stable | Expo. | Expo. | Expo. |
| Alcance | 109,43 | 32,97 | 32,97 | 33,46 |
| Patamar | 0,028 | 6,113 | 43,324 | 34,13 |
| Pepita | 0,009 | 2,546 | 27,221 | 12,89 |
| M | 0,003 | 0,031 | 0,078 | 0,069 |
| RMS | 0,116 | 2,747 | 7,890 | 6,247 |
| MS | 0,031 | 0,007 | 0,012 | 0,013 |
| RMSS | 1,063 | 0,980 | 0,971 | 0,962 |
| ASE | 0,108 | 2,816 | 8,156 | 6,527 |
| DE | Mod. | Mod. | Mod. | Mod. |
| GDE | 32,15 | 41,66 | 62,83 | 37,77 |

Os alcances nos diferentes momentos do estudo, indicam que a malha amostral, com equidistância de 15 m, contribuiu para predição acurada das propriedades físicas ligadas a estrutura dos solos, pois, a análise multitemporal, com grade fixa, sempre apresentou equidistância inferior ao alcance das variáveis. Assim, pode-se afirmar que a variabilidade espaço-temporal foi descrita adequadamente. De acordo com Panosso et al. (2008) o alcance é um parâmetro essencial no semivariograma. Nos diferentes momentos, a maioria das propriedades estudadas apresentaram valores de efeito pepita iguais ou próximos a zero, o que configura a não ocorrência de erros experimentais, ou a ocorrência de erros desprezíveis. A classificação do grau de dependência espacial indica que, a grande maioria das propriedades em estudo apresentou moderada dependência espacial, nos diferentes momentos de avaliação (Tabela 2).

O coeficiente de correlação de Pearson varia de 1 a -1, relacionando os compartimentos do espaço poroso com a densidade do solo, desta forma, podese avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade em especifico aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o contrário. No campo nativo, correlacionando o espaço poroso e seus diferentes compartimentos com a DS, é possível inferir que quanto maior a DS, menor será a PT e o volume de MACRO, sem causar efeitos na MICRO (**Tabela 3**), corroborando com as observações de Mentges et al. (2010).

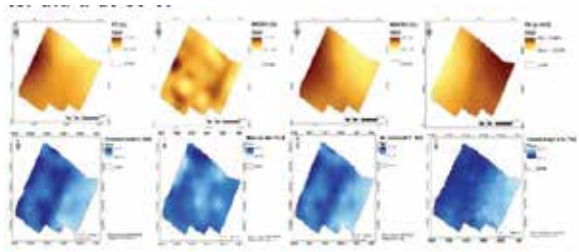
No que tange o plantio direto (2020), nota-se também, que quando maior o valor da DS, menor será o de PT e o de MICRO (**Tabela 3**).

**Tabela 3**. Correlações de Pearson para densidade (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) dos solos de uma catena do pampa.

| Propried. | P | DS | PT | MICRO | MACRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Plantio Convencional (2016) | | | | | |
| DS | 52 | 1 | -876* | -,497* | -,776* |
| PT | 52 | -,876* | 1 | ,655* | ,821* |
| MICRO | 52 | -,497* | ,655* | 1 | ,106 |
| MACRO | 52 | -,776* | ,824* | ,106 | 1 |
| Plantio Direto (2020) | | | | | |
| DS | 52 | 1 | -,700** | -,577** | -,034 |
| PT | 52 | -,700** | 1 | ,948** | -,319* |
| MICRO | 52 | -,034 | -,319* | 1 | -,603** |
| MACRO | 52 | -,577** | ,948** | -,603** | 1 |

Conforme a Figura 1, relacionando os mapas de distribuição espacial das diferentes propriedades fisicas dos solos, nos diferentes momentos, observa-se na paisagem que, o espaço poroso e seus diferentes compartimentos relacionam-se com a DS, corroborando com Reinert e Reichert (2006).

**Figura1**. Mapas de distribuição espacial da estrutura do solo.



## CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal da estrutura do solo, pós-inserção da Cultura da Soja, numa catena do pampa. Também, observouse que as propriedades fisicas dos solos apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem, nos diferentes momentos de avaliação. A inserção da cultura da soja com plantio convencional contribuiu para a redução da macroporosidade dos solos. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

## REFERÊNCIAS

Costa FS, Alburqueque JA, Bayer C, Fontoura SMV, Wobeto C. Propriedades Físicas de um Latossolo Bruno Afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo,v.27, p. 527- 535, 2003.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak J M, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society American Journal, Madison, v. 58, n. 1, p.1501-1511, 1994.

Donagemma GK, Campos DVB, Calderano SB, Teixeira WG , Viana JHM. Manual de métodos de análise de solo. 2a ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011.

Evans CV, Mokma DL. Sandy wet Spodosols: Water tables, chemistry, and pedon partioning. Soil Sci. Soc. Am. J., 60:1495-1501, 1996.

Hillel D. Soil structure and aggregation. In: Introduction to soil physics, London: Academic Press, 1980. p. 40-52, 200-204.

Kiehl EJ. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

Krum DN. et al. variabilidade espacial e temporal das frações da matéria orgânica do solo pós-inserção da cultura da soja com plantio convencional sob campo nativo. Anais... IV Congresso Sul Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017, Não-Me-Toque. IV Congresso SulAmericano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017.

Mcbratney AB, Webster R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. European Journal of Soil Science, Cranfield, v. 37, n. 4, p. 617-639, 1986.

Meirelles MSP, Camara G, Almeida CM. Geomática: Modelos e aplicações ambientais. Brasília, DF: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353 p.

Mentges MI, Reichert JM, Rosa DP, Vieira DA, Rosa VT, Reinert DJ. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45(3), 315-321, 2010.

Nunes LAPL. Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa –MG. 2003, 102p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa,Viçosa, 2003.

Panosso AR, Pereira GT, Júnior JM, Júnior NLS. Variabilidade espacial da emissão de CO2 em LATOSSOLOS sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. Engenharia Agrícola, v.28, p. 227-236, 2008.

Reinert DJ, Reichert. Qualidade física dos solos. Anais...Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, 2006. SBCS, 2006.

Thomasson, A.J. Towards an objective classification of soil structure. Journal of Soil Science, v. 29, p. 38-46, 1978.

Seção 5

# Gênese, morfologia e classificação do solo



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise Espacial da Textura dos Solos do Vale dos Vinhedos, RS

Ryshardson Geovane Pereira de Oliveira e Silva[1]; Elvio Giasson[2]; João Augusto Coblinski[3]; José Janderson Ferreira Costa[3]; Fabrício Fernandes Coelho[3]; Antonny Francisco Sampaio de Sena[3]; Saulo Guilherme da Silva[4]

[1]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: rgeovane@outlook.com.br; [2]Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil. [3]Doutorando do Programa de PósGraduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil. [4]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A vitivinicultura vem se tornando cada vez mais importante para as regiões com potencial de produção vitícola, principalmente no aspecto econômico, uma vez que os consumidores associam, cada vez mais, a qualidade dos vinhos com sua origem geográfica e a sustentabilidade de produção das uvas (TERRIBILE *et al.*, 2017). No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul é considerado o mais importante produtor vitivinícola, sendo responsável por aproximadamente 90% da produção nacional de uvas destinadas ao processamento, além de ser o maior produtor de espumantes (CONAB, 2018).

O Vale do Vinhedos, localizado na Serra Gaúcha, tem reconhecimento nacional como um dos mais tradicionais polos produtores vitivinícolas do Brasil (TONIETTO *et al.*, 2012). O relevo complexo, declividade e exposição solar, combinados à variabilidade de solos (FLORES *et al.*, 2012) garantem a essa região uma vasta heterogeneidade do ambiente, fator que pode refletir na qualidade do vinho produzido, visto que os *terroirs* vitícolas são originados a partir destas variáveis ambientais (OIV, 2010).

É bem conhecido que alguns atributos do solo, como a textura e a fertilidade química, exercem influência direta na qualidade e produção do vinho (CISLAGHI *et al.*, 2017; CLINGELEFFER, 2014; COIPEL *et al.*, 2006). Essas propriedades são determinantes para o funcionamento do solo no ecossistema e são indicadoras da maneira como o solo pode ser mais bem manejado, fazendo-se necessário o conhecimento acerca de sua variabilidade espacial.

A geoestatística é uma das ferramentas mais utilizadas na avaliação da variabilidade espacial das propriedades do solo (BROGNIEZ *et al.*, 2015; YIGINI; PANAGOS, 2016), sendo a krigagem um dos principais métodos de interpolação espacial geoestatística, capaz de estimar uma determinada variável em locais não amostrados por extrapolação a partir de locais amostrados (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade espacial da textura do solo na região do Vale do Vinhedos, RS,

usando as técnicas da estatística clássica e da geoestatística.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Vale dos Vinhedos está localizado na Serra Gaúcha, nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica denominada Encosta Superior do Nordeste, entre as latitudes 29°08'15"S e 29°14'26"S e longitudes 51°29'48"W e 51°37'55"W (Figura 1). A área estende-se por 8118 ha, dividindo-se entre os municípios de Bento Gonçalves (61% da área), Garibaldi (34%) e Monte Belo do Sul (5%).

O clima da região da Serra Gaúcha é do tipo Cfb, subtropical com verão ameno, com temperatura média anual de 17.6 °C e precipitação pluvial total durante o ano de 1813 mm (EMBRAPA, 2018). A geologia tem como elementos dominantes as rochas pertencentes ao Grupo São Bento da Formação Serra Geral, porção superior da Bacia do Paraná (IBGE, 1986).




Figura 1. Localização da área de estudos: zona de produção vitivinícola do Vale dos Vinhedos, RS.

O banco de dados de solos consiste em 163 pedons (FLORES et al., 2012) descritos e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Na área de estudo, dominam os Cambissolos (44%), Argissolos (29%) e Chernossolos (15%). Os solos da parte oeste são principalmente Argissolos, Chernossolos e Neossolos, enquanto na parte oriental, mais acidentada, dominam os Neossolos e Cambissolos (FLORES et al., 2012).

Para a realização da análise de continuidade espacial da textura do solo, primeiramente foi feita uma harmonização dos conteúdos de areia, silte e argila dos 163 perfis de solo em 3 intervalos de profundidade (P1, P2 e P3): 0-20, 20-40 e 40-60 cm, por meio de splines de interpolação (PONCEHERNANDEZ et al., 1986). O parâmetro de suavização lambda escolhido foi 0.1 (MALONE et al., 2009).

Em seguida, foi realizada uma análise exploratória dos dados de textura, a fim de se determinar sua normalidade com o teste de Shapiro-Wilk, além da verificação de tendência e a identificação de pontos discrepantes (*outliers*). Os *outliers* foram então removidos e os dados que não apresentaram normalidade foram transformados. Para a análise da variabilidade dos dados, foi usada a classificação de Warrick & Nielsen (1980).

A análise da continuidade espacial da textura dos solos foi conduzida por meio da função semivariograma (JOURNEL; HUIJBREGTS, 1991), estimada pela seguinte equação:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2\,N(h)} \sum_{i=l}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

em que N(h) é o número de pares amostrados $[z(x_i), z(x_i + h)]$ separados pelo vetor h.

Os semivariogramas confeccionados foram unidirecionais, definindo-se os seus coeficientes teóricos, quais sejam: o efeito pepita ($C_0$); o patamar (C) e o alcance (A) (VIEIRA, 2000). Calculou-se também o grau de dependência espacial (GDE) (Cambardella et al., 1994), que é a proporção em porcentagem da variância estrutural (C) em relação ao patamar ($C_0$+C), sendo dependên-

cia fraca < 25%, dependência moderada de 26% a 75% e dependência forte > 75%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros referentes à análise descritiva dos dados de textura do solo, para cada profundidade avaliada, estão apresentados na Tabela 1. A proximidade dos valores de média e mediana na maioria das variáveis analisadas evidencia que as mesmas apresentam ou se aproximam da distribuição normal, ou seja, as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994), podendo, dessa forma, ser aplicada a geoestatística.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de textura do solo em função da profundidade.

| Atributo | Média | Mediana | Assimetria | Curtose | CV% |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 - 20 cm | | |
| Areia | 33.7 | 35.0 | -0.1 | -0.2 | 32.3 |
| Silte | 35.2 | 34.4 | 1.2 | 5.2 | 25.7 |
| Argila | 31.1 | 29.1 | 0.9 | 1.9 | 31.8 |
| | | | 20 - 40 cm | | |
| Areia | 32.6 | 32.1 | 0.0 | -0.6 | 37.1 |
| Silte | 32.4 | 32.4 | 0.2 | -0.5 | 24.4 |
| Argila | 35.0 | 31.4 | 0.8 | -0.1 | 34.4 |
| | | | 40 - 60 cm | | |
| Areia | 30.7 | 29.4 | 0.3 | -0.9 | 46.8 |
| Silte | 28.7 | 28.2 | 0.1 | -0.3 | 31.7 |
| Argila | 40.6 | 36.5 | 0.5 | -0.9 | 39.2 |

A classificação de Warrick & Nielsen (1980) indicou variabilidade média para todas a variáveis, com valores do CV entre 12 e 60%. Foi observada anormalidade na distribuição de frequência em alguns atributos ($p < 0,05$), sendo necessária a transformação dos dados de argila da profundidade 1 (raiz quadrada); argila da profundidade 2 (logarítmica); e areia e argila da profundidade 3 (raiz quadrada e logarítmica respectivamente).

O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos semivariogramas em todas as variáveis e profundidades avaliadas (Tabela 2). Vários autores, ao avaliar a distribuição de diversas propriedades físicas do solo no espaço, obtiveram melhor ajuste dos semivariogramas com o modelo exponencial (SILVA CRUZ et al., 2010; TAVARES et al., 2012; VITÓRIA et al., 2014).

Todas as variáveis apresentaram patamar claro e bem definido, com alcance variando de 470 a 1400 m para a areia; de 368 a 691 para a argila; e de 390 a 9130 para o silte. O alcance é um dos mais importantes parâmetros no estudo do semivariograma, uma vez que representa a distância máxima em que pontos da mesma variável estão correlacionados espacialmente (PANOSSO et al., 2008). Segundo Trangmar et al. (1986) o alcance é dependente da escala de observação e do tamanho da área amostrada, aumentando proporcionalmente ao aumento do intervalo entre os valores medidos a campo.

Os modelos ajustados pelos semivariogramas em todas as profundidades aqui avaliadas apresentaram dependência espacial (Tabela 2). O GDE evidenciou que as variáveis apresentam de moderada (entre 25 e 75%) a forte (< 25%) dependência espacial, indicando que a distribuição dos atributos da textura dos solos no espaço não é aleatória. Segundo Cambardella et al. (1994), as variáveis mais influenciadas por propriedades intrínsecas do solo geralmente apresentam forte grau de dependência, como observado para a argila em todas as profundidades estudadas.

Por meio da análise dos semivariogramas para os atributos granulométricos verificados não foi constatada nenhuma direção preferencial, ou seja, os semivariogramas não indicaram presença de anisotropia, levando a afirmativa de que a variabilidade espacial dos dados de textura dos solos analisados ocorre com um mesmo padrão em todas as direções (VIEIRA, 2000).

## CONCLUSÕES

Os coeficientes de variação indicam média variabilidade para os atributos da textura dos solos, em todas as profundidades avaliadas.

Os atributos de textura do solo estudados apresentam elevado grau de dependência espacial, principalmente a argila, em todas as profundidades avaliadas.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por apoiar e viabilizar esta pesquisa, realizada no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

**Tabela 2.** Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas para a textura do solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

| Atributo | Modelo | [1]$C_0$ | [2]C | [3]$C_0 + C$ | [4]A | $R^2$ | [5]GDE | Dependência Espacial |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0 – 20 cm | | | | |
| Areia | Exponencial | 0 | 114.7 | 114.7 | 470 | 90 | 100 | Forte |
| Silte | Exponencial | 25.38 | 26.77 | 52.15 | 1640 | 91 | 51 | Moderada |
| Argila | Exponencial | 0 | 0.520 | 0.520 | 368 | 64 | 100 | Forte |
| | | | | 20 – 40 cm | | | | |
| Areia | Exponencial | 67.8 | 85.8 | 153.6 | 1010 | 85 | 56 | Moderada |
| Silte | Exponencial | 35.5 | 41.67 | 77.17 | 9130 | 98 | 54 | Moderada |
| Argila | Exponencial | 0.003 | 0.018 | 0.021 | 650 | 87 | 86 | Forte |
| | | | | 40 – 60 cm | | | | |
| Areia | Exponencial | 0.835 | 1.023 | 1.858 | 1400 | 89 | 55 | Moderada |
| Silte | Exponencial | 7.9 | 66.46 | 74.36 | 390 | 70 | 89 | Forte |
| Argila | Exponencial | 0 | 0.030 | 0.030 | 691 | 91 | 100 | Forte |

[1]Efeito pepita, [2]patamar, [3]contribuição, [4]alcance (m), [5]grau de dependência espacial (%) = [$C_0$/($C_0$ + C)] x 100.

## REFERÊNCIAS

Brogniez D, Ballabio C, Stevens A, Jones RJA, Montanarella L, Wesemael B van. A map of the topsoil organic carbon content of Europe generated by a generalized additive model. Eur J Soil Sci. 2015;66:121-34.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. Soil Sci Soc Am J. 1994;58:1501-11.

Cislaghi A, Bordoni M, Meisina C, Bischetti GB. Soil reinforcement provided by the root system of grapevines: Quantification and spatial variability. Ecol Eng. 2017;109:16985.

Clingeleffer P. Terroir: The Application of an Old Concept in Modern Viticulture. Encycl Agric Food Syst. 2014:277-88.

Coipel J, Rodriguez Lovelle B, Sipp C, Van Leeuwen C. «Terroir» effect, as a result of environmental stress, depends more on soil depth than on soil type (Vitis vinifera L. cv. Grenache noir,

Côtes du Rhône, France, 2000). J Int Des Sci La Vigne Du Vin. 2006;40:177-85.

CONAB. Uva - Análise Mensal - Novembro de 2018. Brasília, DF: 2018.

EMBRAPA. Dados Meteorológicos: Agrometeorologia - Bento Gonçalves/RS; 2018 [cited 2019 Mar 1]. Available from: https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/dados-meteorologicos/bento-goncalves/.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 2006.

Flores CA, Pötter RO, Sarmento EC, Weber EJ, Hasenack H. Os Solos do Vale dos Vinhedos. 1ª. Brasília - DF: Embrapa Clima Temperado; 2012.

IBGE. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Levantamento de recursos naturais. 33. ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA); 1986. p. 541-632.

Journel AG, Huijbregts CJ. Mining Geostatistics. 5. ed. London: Academic Press; 1991.

Malone BP, McBratney AB, Minasny B, Laslett GM. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. Geoderma. 2009;154:138-52.

OIV. Definition of vitivinicultural terroir. 2010:1.

Panosso AR, Pereira GT, Marques Júnior J, Júnior NLS. Variabilidade espacial da emissão de CO2 em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. Eng Agrícola. 2008; 28:227-36.

PONCE-HERNANDEZ R, MARRIOTT FHC, BECKETT PHT. An improved method for reconstructing a soil profile from analyses of a small number of samples. J Soil Sci. 1986;37:45567.

Silva Cruz J, Assis Júnior RN, Matias SSR, Camacho-Tamayo JH, Tavares R de C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Ciência e Agrotecnologia. 2010;34:271-8.

Tavares UE, Rolim MM, Pedrosa EMR, Montenegro AAA, Magalhães AG, Barreto MTL. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-deaçúcar. Rev Bras Eng Agric e Ambient. 2012;16:1206-14.

Terribile F, Bonfante A, D'Antonio A, De Mascellis R, De Michele C, Langella G, Manna P, Mileti FA, Vingiani S, Basile A. A geospatial decision support system for supporting quality viticulture at the landscape scale. Comput Electron Agric. 2017;140:88-102.

Tonietto J, Mandelli F, Zanus MC, Guerra CC, Pereira GE. O Clima Vitícola das Regiões Produtoras de Uvas Para Vinhos Finos do Brasil. In: Tonietto J, Ruiz VS, Gómez-Miguel VD, editors. Clima, Zonificación y Tipicidad del Vino en Regiones Vitivinícolas Iberoamericanas. 1. ed. Madrid: CYTED - Ciencia y Tecnología para el Desarrollo; 2012. p. 111-46.

Trangmar BB, Yost RS, Uehara G. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. Adv Agron. 1986;38:45-94.

VIEIRA SR. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS RF, ALVAREZ V. VH, SCHAEFER GR, editors. Tópicos em ciência do solo. 1. ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p. 1-54.

Vitória EL, Calvi DP, Barbosa MA, Canal L. Variabilidade espacial dos atributos físicos em áreas cultivadas com mamão sob diferentes preparos do solo. Rev Eng Na Agric. 2014;22:150-61.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação do Grau de Subsidência em Horizontes Hísticos de Organossolos no Rio de Janeiro

Otavio Augusto Queiroz dos Santos[1]; Hugo de Souza Fagundes[2]; Yan Vidal de Figueiredo Gomes Diniz[1]; Marcos Gervasio Pereira[3]

[1] Estudante do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ), Rodovia BR 465 km 7 – UFRRJ, 23890-000), otavioqueiroz7@hotmail.com; [2] Estudante de graduação em Agronomia Instituição (UFRRJ); [3] Professor Titular do Departamento de Solos (UFRRJ).

## INTRODUÇÃO

Os Organossolos são solos formados em ambientes onde o depósito de material orgânico é superior as taxas de decomposição. Tais solos ocorrem em condições em que o ambiente está saturado por água, ou em condições de boa drenagem nas quais as baixas temperaturas desfavorecem a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e/ ambiente de temperaturas baixas.

São solos com horizonte hístico que podem apresentar espessura variável, sendo que para os Organossolos Háplicos e Tiomórfico essa tem que ser ≥ 40 cm associado ao conteúdo de carbono maior ou igual a 80 g $kg^{-1}$ (SANTOS et al., 2018).

Apesar de ocuparem pequena porção geográfica do Brasil, são largamente utilizados na agricultura familiar.

Quando formados em ambiente de várzea é comum que seja realizada a drenagem para o uso agrícola, o que afeta significativamente seus atributos e acelera a decomposição dos materiais orgânicos, num processo denominado de subsidência. A intensidade desse processo depende da natureza do material orgânico, da capacidade de adsorção de água, da proporção de material mineral/orgânico no solo, da profundidade de drenagem e do tipo de utilização das terras (STEPHENS et al., 1984). As reduções de volume, por contração do material, podem chegar à 60% (PRICE et al., 2003).

Diversos problemas ambientais estão associados a subsidência dos Organossolos. A matéria orgânica do solo perdida por oxidação pode contribuir significativamente para o aumento das concentrações de $CO_2$ na atmosfera (GRØNLUND et al., 2008).

A drenagem artificial, além da subsidência, pode causar danos ainda maiores em Organossolos que possuem horizontes sulfúricos, nos quais os valores de pH do solo podem atingir a valores inferiores a 3,5 (SANTOS et al., 2018). Lepsch et al. (1990) alertam que os Organossolos com tiomorfismo nas camadas subsuperficiais, em um primeiro momento poderão não influenciar de maneira prejudicial a agricultura. Porém, ao serem expostos ao processo de subsidência as camadas aráveis se tornarão menos espessas e o sistema radicular das plantas começarão a ter contato com a elevada acidez, havendo redução de produtividade.

Estudos demonstram que para reduzir os problemas com o processo de subsidência deve-se manter o lençol freático a uma profundidade mínima, para o desenvolvimento radicular e que garantam a produção. Essa profundidade estaria entre 30 cm (SOUZA JÚNIOR et al., 2001) e 40 cm (WÖSTEN et al., 2008).

Em teoria, a subsidência e as consequentes perdas de carbono podem ser avaliadas pelas variações da profundidade, teor de carbono e pelo valor da densidade do solo.

As medidas de subsidência do solo não são facilmente mensuráveis uma vez que é necessário o histórico detalhado de uso das terras. Porém a estimativa da subsidência a partir do conteúdo do material mineral é mais fácil e de menor custo, não sendo necessário o do histórico de utilização da área (Ebeling et al., 2010).

O objetivo desse trabalho foi avaliar atributos de perfis de Organossolos Tiomóficos localizados no bairro de Santa Cruz, no município de Rio de Janeiro – RJ, visando conhecer as modificações nesses solos, decorrentes do processo de subsidência.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade agrícola de aproximadamente 50 hectares, localizada no bairro de Santa Cruz, no município do Rio de Janeiro, RJ. O clima da região foi classificado como Aw, segundo Köppen. Os perfis de solo da área avaliada foram identificados como Organossolos Tiomórficos (SANTOS et al., 2018). A área vem sendo cultivada há aproximadamente 80 anos, de forma convencional, para a produção de hortaliças. Atualmente o cultivo de coco (*Cocos nucifera*) e mandioca (*Manihot esculenta*) são predominantes.

Nos últimos 20 anos a área foi subdividida em três, sendo utilizadas com diferentes coberturas vegetais e sistemas de cultivo. Para este estudo foram selecionadas as seguintes áreas: a) área com plantio de mandioca) e constante revolvimento do solo; b) área de vegetação secundária (mata secundária) sem revolvimento há 20 anos e; c) área com cultivo de coqueiro perene (há 15 anos, em consórcio com mandioca nas entrelinhas há 2 anos.

Nas áreas de estudo não é realizada adubação/calagem há 8 anos. Para o plantio é feita uma gradagem e levantamento do canteiro com arado após a ação da roçadeira mecanizada e quarenta e cinco dias após o plantio é utilizado o herbicida glifosato. Para o cultivo, foram instalados drenos há aproximadamente 1m de profundidade.

Para a avaliação do grau de subsidência foram utilizadas medidas como densidade do solo (Ds) e resíduo mínimo (RM), assim como feito por Lynn et al. (1974) que indica a espessura residual de solo por unidade de medida após o processo de subsidência, expressa em cm $cm^{-1}$.

O RM é obtido através da equação RM= (Ds-DMO)/1,5, em que 1,5 representa o valor médio de Ds, após o processo de subsidência máxima e DMO é densidade da matéria orgânica.

Para determinar os valores de Ds foram coletadas amostras indeformadas de cada horizonte, com auxílio de anel de Kopeck, sendo transportadas posteriormente para laboratório sendo pesadas antes e após secagem em estufa de circulação a 55ºC.

Também foram coletadas amostras deformadas, que foram condicionadas e transportadas para laboratório, sendo secas, destorroadas e passados por peneira de 2,0 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).Para determinação do material mineral (MM) foram pesadas 10g de TFSA e submetidas a mufla em temperatura de 600ºC durante 2 horas, até a total combustão do material orgânico, seguida de nova pesagem.

Para avaliação do grau de decomposição do material orgânico do solo, foram determinados

os seguintes atributos; decomposição determinada pela escala de Von Post (EVP) e teor de fibras esfregadas – FE.

O conteúdo de carbono orgânico total (COT) foi determinado segundo Teixeira et al. (2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os perfis foram avaliados classificados como Organossolos Tiomórficos, variando somente no quarto nível categórico, sendo seis classificados como salinos e três como térricos, P2, P3 (Área de mandioca) e P8 (Área de coqueiro).

Quanto a profundidade dos horizontes hísticos, observou-se variação entre 0,40 m (P1) a 0,60 m (P9). Observa-se que, em média, os perfis da área de coqueiro são os que possuem horizontes hísticos mais espessos.

Para os valores de Ds, verificou-se no horizonte Hd1 do P5 (Área de mata) o menor valor, 0,46 Mg $m^{-3}$, e no horizonte Hdp1 do P7 (Área de coqueiro) o maior valor, 1,01 Mg $m^{-3}$. Não foi observada variação entre os valores médios de Ds entre as áreas, em função das atividades agrícolas que estas foram submetidas convencionais por longo período.

O menor valor de COT, 101,2 g $kg^{-1}$, foi observado no horizonte Hd do P3 (Área de mandioca) e o maior, 184,0 g $kg^{-1}$, no horizonte Hd1 do P5 (Área de mata). Entre as áreas, os maiores valores, em média, foram verificados na Área de mata, confirmando o pressuposto que o revolvimento do solo e a consequente exposição da matéria orgânica do solo aceleram os processos de mineralização e resultam em perdas de COT.

Quanto ao conteúdo de MM, observou-se o menor valor, 66,43%, no horizonte Hd do P9 (Área de coqueiro), e o maior, 81,56 %, no horizonte Hd do P3 (Área de mandioca). Em geral, os maiores valores foram verificados na área de mandioca, reafirmando a importância do não revolvimento do solo para preservação da MOS, visto que essa área é a mais submetida aos processos de aração e gradagem anuais.

O menor teor de FE, 2%, foi observado no horizonte Hd do P9, e o maior, 20%, nos horizontes Hdp1 do P7 (Área de coqueiro) e Hdp1 do P9. Foi verificada maior variação dos resultadas entre os horizontes na área de coqueiro, visto que o material recentemente depositado na superfície do solo, proveniente da cobertura vegetal da área, possui maior recalcitrância, devido ao maior teor de lignina.

Os valores do índice de von Post variaram de 8 a 10, sendo os maiores foram constatados nos horizontes Hdp2 do P3, Hd3 do P5 e Hd do P9. Esses resultados indicam intenso grau de decomposição sendo o material orgânico dos horizontes avaliados classificados como sápricos.

Quanto ao o RM, os valores estiveram entre 0,08 e 0,53, sendo o menor observado no horizonte Hdp1 do P9 (Área de coqueiro) e o maior no horizonte Hd do P2 (Área de mandioca).

Os valores de COT na maioria dos horizontes, assim como o tipo de material (sáprico) e os valores de Ds variando entre médios e altos, indicam potencial de subsidência de baixo a moderado, pois quanto maior teor de matéria orgânica, maior o potencial de subsidência, porém quanto mais humificado o material, maior será sua resistência a oxidação. Ebeling (2010) em seu estudo verificou que Organossolos com maiores valores de Ds possuem menor potencial de subsidência (Ebeling, 2010).

Os solos das áreas estudadas foram submetidos a drenagem artificial a aproximadamente 50 anos, e possuem longo histórico de cultivo. Essa associação de fatores contribui para maiores valores de resíduo na maioria dos perfis, sendo exceção o P9. Esse padrão pode ser decorrente ao longo histórico de utilização que contribuiu para que o processo de subsidência ocorresse de forma mais intensa.

Estudando a subsidência de Organossolos na mesma região desse estudo Beutler (2016), observou redução de volume em 0,27 cm, quando o solo foi submetido a drenagem de 100 cm e de 0,12 cm quando essa foi realizada a 60 cm.

## CONCLUSÕES

Os solos estudados encontram-se em fase final de subsidência, ou seja, houve um processo inicial intenso e agora as áreas encontram-se em fase de estabilização da degradação da MOS.

Os resultados mostram a importância do correto uso da terra, visando evitar ou diminuir a o processo de subsidência.

Apesar do número de estudos já desenvolvidos, ainda é preciso efetuar pesquisas nos Organossolos em relação a sensibilidade e ao grau de subsidência após a drenagem artificial.

## REFERÊNCIAS

Beutler SJ. Organossolos: Funções de pedotransferência para densidade do solo, avaliação do grau de subsidência e estoques de carbono [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010.

Conceição M. Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ. 1989. 169f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí; 1989.

Ebeling AG. Características estruturais da matéria orgânica em Organossolos Háplicos [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010.

Grønlund A, Hauge A, Hovde A, Rasse DP. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. Nutrient Cycling in Agroecosystems; 2008. p.157–167.

Lepsch IF, Quaggio JA, Sakai E, Camargo OA, Valadares JMAS. Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do vale do Rio Ribeira de Iguape, SP. Boletim Técnico, n.131, Campinas - Instituto Agronômico; 1990. p.1-58.

Lynn WC, Mckinzie WE, Grossman RBQ. Field laboratory tests for characterization of Histosols. In: Aandahl AR, editor. Histosols: their characteristics, classification, and use. Madison: Soil Science Society of America; 1974. p.11-20.

Price JS, Heathwaite AL, Baird AJ. Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: An overview of management approaches, Wetlands Ecology and Management; 2003. p.65–83.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa; 2018. p.1-590.

Souza júnior VS, Ribeiro MR, Oliveira LB. Propriedades químicas manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe, Estado de Alagoas. R. Bras Ci Solo; 2011. p.811-822.

Stephens JC, Allen LH, Chen E. Organic soil subsidence. in: holzer, T.L. ed. Man-induced land subsidence, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, Boulder CO, USA; 1984. p.107-122.

Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa; 2017. p.1-573.

Wösten JHM, Clymans E, Page SE, Rieley JO, Limin SH. Peat water interrelationships in a tropical Pearland ecosystem in Southeast Asia. Catena; 2008. p.212-224.

Tabela 1. Propriedades morfológicas e características selecionadas dos perfis de Organossolos.

| Hor[1] | Prof. (m) | Ds[2] $Mg.m^{-3}$ | COT[3] $g.kg^{-1}$ | MM[4] | FE[5] | RM[6] | índice Von Post | material |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.15 | 0,70 | 109,5 | 80,04 | 8 | 0,49 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.15 - 0.40 | 0,75 | 104,0 | 81,04 | 4 | 0,41 | 9 | sáprico |
| P2 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico térrico | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.13 | 0,6 | 112,5 | 79,50 | 6 | 0,48 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.13 - 0.27 | 0,87 | 115,9 | 78,88 | 4 | 0,50 | 9 | sáprico |
| Hd | 0.27 - 0.47 | 0,76 | 108,1 | 80,30 | 8 | 0,53 | 9 | sáprico |
| P3 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico térrico | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.12 | 0,84 | 108,3 | 80,26 | 8 | 0,35 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.12 - 0.20 | 0,93 | 111,7 | 79,65 | 4 | 0,38 | 10 | sáprico |
| Hd | 0.20 - 0.44 | 0,95 | 101,2 | 81,56 | 6 | 0,43 | 9 | sáprico |
| P4 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hd1 | 0.00 - 0.16 | 0,69 | 165,5 | 74,49 | 16 | 0,46 | 9 | sáprico |
| Hd2 | 0.16 - 0.43 | 0,75 | 143,7 | 77,86 | 10 | 0,46 | 9 | sáprico |
| P5 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hd1 | 0.00 - 0.20 | 0,46 | 184,0 | 71,63 | 10 | 0,38 | 8 | sáprico |
| Hd2 | 0.20 - 0.32 | 0,87 | 145,2 | 77,62 | 12 | 0,44 | 9 | sáprico |
| Hd3 | 0.32 - 0.50 | 0,86 | 153,1 | 76,40 | 6 | 0,44 | 10 | sáprico |
| P6 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hd1 | 0.00 - 0.14 | 0,7 | 175,1 | 73,01 | 12 | 0,39 | 9 | sáprico |
| Hd2 | 0.14 - 0.44 | 0,86 | 152,0 | 76,57 | 4 | 0,41 | 9 | sáprico |
| P7 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.16 | 1,01 | 115,7 | 74,22 | 20 | 0,36 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.16 - 0.57 | 0,78 | 104,0 | 76,82 | 8 | 0,50 | 8 | sáprico |
| P8 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico térrico | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.18 | 0,71 | 114,6 | 74,47 | 6 | 0,33 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.18 - 0.47 | 0,8 | 101,7 | 77,34 | 12 | 0,26 | 8 | sáprico |
| P9 ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico salino | | | | | | | | |
| Hdp1 | 0.00 - 0.13 | 0,47 | 121,5 | 72,93 | 20 | 0,08 | 8 | sáprico |
| Hdp2 | 0.13 - 0.38 | 0,68 | 109,8 | 75,53 | 10 | 0,11 | 9 | sáprico |
| Hd | 0.38 - 0.60 | 0,57 | 117,1 | 66,43 | 2 | 0,13 | 10 | sáprico |

[1]Hor: horizonte; [2]Ds: densidade do solo; [3]COT: carbono orgânico total; [4]MM: material mineral; [5]FE: fibras esfregadas; [6]RM: resíduo mínimo.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Caracterização da Mineralogia do Solo por Espectroscopia de Refletância em Região Subtropical

João Augusto Coblinski[1]; Élvio Giasson[2]; Alberto Vasconcellos Inda[3]; Andre Carnieletto Dotto[4]; Asa Gholizadeh[5]; José Alexandre Demattê[6]

[1]Doutorando no Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS, 91540-000, coblinskijoao@gmail.com; [2] Professor titular no Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3] Professor titular no Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [4] ) Pós doutorado pelo Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade de São Paulo; [5] Pesquisadora no Departamento de Ciência do solo e Proteção do Solo , Czech University of Life Sciences; [6]Professor titular no Programa de Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade de São Paulo

## INTRODUÇÃO

Os solos de regiões tropicais e subtropicais são de grande importância para a produção de alimentos devido ao clima que favorece uma grande variedade de culturas. No entanto, muitas dessas regiões apresentam baixos rendimentos devido ao uso e manejo inadequado da terra, resultado da falta de conhecimento relacionado às propriedades do solo, incluindo a mineralogia do solo (Bahia et al., 2015). Assim, a caracterização da composição mineralógica do solo é importante para o entendimento de sua dinâmica nessas áreas e para posteriores processos de manejo.

A proporção, concentração e tipo de minerais do solo determinam atributos físicos (por exemplo, textura e estrutura) e químicos (por exemplo, adsorção de nutrientes e elementos potencialmente tóxicos) e são importantes para a classificação do solo (Camargo et al., 2012; Soriano-Disla et al., 2014; Ramaroson et al., 2017). A composição mineralógica é convencionalmente determinada por difração de raios-X (DRX), mas o uso dessa técnica é limitado devido ao seu alto custo, o procedimento é demorado e uso de materiais tóxicos (Omran, 2017). Durante as últimas décadas, a espectroscopia de refletância tem sido uma técnica alternativa de análise de solos para melhorar ou substituir os métodos de análise padrão. A técnica é rápida, não destrutiva, de baixo custo e não prejudicial ao meio ambiente (Viscarra Rossel et al., 2016).

Usando a espectroscopia de refletância VIS–NIR–SWIR, os atributos do solo, incluindo minerais, podem ser medidos diretamente a partir de espectros estudando suas características de absorção correspondentes (Coblinski et al., 2020). Essas características estão relacionadas a ligações químicas ou moléculas que absorvem em comprimentos de onda específicos (Ramaroson et al., 2017). Portanto, é possível estimar minerais do solo baseado em sua assinatura espectral (SorianoDisla et al., 2014). No entanto, faltam estudos científicos relacionados a esse tema. Na verdade, até onde sabemos, a capacidade da espectroscopia de refletância VIS–NIR–SWIR na avaliação da composição mineralógica do solo

em solos tropicais e subtropicais não são suficientemente descritos.

Portanto, no presente estudo, pretendemos determinar se os espectros obtidos por espectroscopia de reflectância na faixa de VIS– NIR–SWIR podem ser usados para identificar as principais composições mineralógicas de solos subtropicais do Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo, amostragem e análise de solo

A área de estudo está localizada no município de Pantano Grande no estado do Rio Grande do Sul, com área de 325 hectares. Foram identificados quatro tipos de solo na área de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS; Santos, 2018), sendo eles: Argissolos Vermelhos distróficos (PVd), Argissolos Amarelos distróficos (PAd), Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (PVAd) e Neossolo Regolítico distrófico. Um total de 197 amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0–20, 20–40 e 40–60 cm) de 66 locais de amostragem (em um dos pontos de amostragem apresentou 50 cm de profundidade, então apenas as duas amostras superiores foram coletadas).

### Análise espectral do solo

Os espectros de refletância do solo na região VIS–NIR–SWIR (350–2500 nm) foram obtidos usando o espectrômetro FieldSpecPro (Analytical Spectral Devices, Boulder, Colorado, EUA), com resolução espectral interpolada de 1 nm. As amostras de solo foram colocadas em placas de Petri e homogeneizadas (nivelamento da superfície para diminuir a influência da rugosidade do material). O instrumento foi calibrado usando um padrão Spectralon branco e este procedimento foi realizado no início da medição e então repetido a cada 20 minutos durante as leituras. Para cada amostra, três medidas independentes foram feitas girando a placa de Petri 90 ° para garantir uma melhor representação da área de superfície examinada. O espectro final foi calculado como o valor médio dos três espectros.

### Pré-processamento de dados espectrais e avaliação qualitativa de minerais do solo

A ocorrência de mineralogia do solo na área de estudo foi verificada por meio de estudos anteriores de solos na mesma região (Fink et al., 2014; Amaral et al., 2015; Silva et al., 2015; Corrêa de Medeiros et al., 2020) que foram realizadas por meio de DRX. Esses estudos foram feitos em áreas com as mesmas características (clima, tipo de solo e material de origem) da área de estudo atual. Após o reconhecimento da ocorrência mineralógica na área de estudo, adquirimos os espectros referentes a esses minerais puros da biblioteca espectral do United States Geological Survey (USGS; <https://www.usgs.gov/labs/spec-lab>). Para facilitar a identificação de assinaturas de minerais nos espectros, foi utilizado o algoritmo de remoção contínua – continuum removal (CR) em amostras de solo e espectros de minerais puros. O CR normaliza os espectros de refletância, permitindo o reconhecimento das características de absorção diagnóstica de cada mineral a partir de uma linha de base comum (Clark e Roush, 1984).

Após a identificação dos minerais comparando as características de absorção de espectros das amostras e dos minerais puros, os espectros de refletância originais foram transformados em Kubelka-Munk (KM) e então a segunda derivada (2ª) desta função foi calculada (Scheinost et al., 1998). Dessa forma, obteve-se uma série de bandas em valores positivos e negativos devido ao processo de absorção de luz causado pelas transições eletrônicas. O tipo de mineral e sua proporção foram medidos pela amplitude através dos valores de intensidade máxima e mínima

das curvas espectrais de 2ª a partir do KM, referentes à banda característica de cada mineral (Sellitto et al., 2009).

O CR foi processado no software de programação R (R Development Core Team, Viena, Áustria) pelo pacote Prospectr (Stevens e Ramirez-Lopez, 2014), enquanto a função KM e a 2ª foram calculadas usando o software Unscrambler® (CAMO Software Inc., New Jersey, EUA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição mineralógica do solo identificada por dados espectrais

Cinco tipos de minerais foram identificados, sendo eles: hematita e goethita (óxidos de ferro), além de caulinita, clorita e ilita (minerais de argila).

De acordo com Scheinost et al. (1998), a identificação de hematita em espectros puros é aparente em torno de 520 nm a 565 nm. No estudo atual, com a transformação da segunda derivada, as amplitudes para hematita foram identificadas com o mínimo em ~ 535 nm e o máximo em ~ 580 nm. Essa mesma faixa de bandas de absorção referentes à hematita nas curvas da segunda derivada também foi encontrada por outros autores (Sellitto et al., 2009; Bahia et al., 2015). Para a goethita, a amplitude foi identificada com mínimo em torno de 420 nm e máximo em 460 nm, coincidindo com a assinatura espectral de outros autores, que a identificaram com mínimo de aproximadamente 420 nm e máximo de ~ 445 nm (Bahia et al., 2015; Scheinost et al., 1998; Sellitto et al., 2009). Hematita e goethita são os óxidos de ferro mais abundantes em solos intemperizados localizados em regiões tropicais e subtropicais e podem ser facilmente detectados a partir de curvas espectrais como resultado da separação acentuada que a segunda derivada realiza (Scheinost et al., 1998; Sellitto et al., 2009).

Outro mineral identificado foi a caulinita, sendo o mineral mais comum ocorrendo em solos desenvolvidos em condições tropicais úmidas. A caulinita tem uma forte característica de absorção no espectro de refletância em 2205 nm e uma fraca absorção em 2165 nm (Viscarra Rossel et al., 2010). Quando transformada na segunda derivada, as características de absorção da caulinita estão localizadas com um mínimo de aproximadamente 2205 nm e um máximo de ~ 2225 nm (Madeira et al., 1995). Em concordância com os estudos supracitados, as características de absorção referentes à caulinita foram identificadas neste estudo com os valores de intensidade mínima e máxima entre 2204 e 2226 nm, respectivamente. Solos ricos em caulinita têm menor capacidade de retenção de nutrientes em comparação com minerais de argila 2:1. Isso ocorre porque a caulinita tem baixa capacidade de troca catiônica devido à baixa quantidade de substituição isomórfica nas camadas tetraédricas ou octaédricas, reduzindo suas cargas permanentes (Schulze e Lafayette, 2002).

Clorita e ilita foram outros minerais identificados. Illita é um mineral de argila 2:1, que na segunda derivada, foi identificada entre o mínimo de 2344–2358 nm e o máximo de 2360–2372 nm. A clorita também é uma argila mineral 2:1 com um excesso de carga negativa que contém cátions octaédricos específicos, como Fe, Al e Mg. Na segunda derivada, a amplitude da clorita ocorreu com o mínimo entre 2372 nm e 2395 nm e o máximo entre 2355 nm e 2370 nm. Esses minerais não são comuns no solo e, se ocorrerem, estão principalmente disponíveis em pequenas quantidades (Schulze e Lafayette, 2002), geralmente como um remanescente da composição do material original, por se tratar de um mineral muito resistente ao intemperismo (Jackson e Sherman, 1953).

A análise mineralógica é comumente realizada por meio de DRX em laboratórios de solo.

Este método tem como desvantagem o alto custo para aquisição do instrumento de DRX, demandando muito tempo para preparação e execução da análise, tornando-o inadequado para análise de um grande número de amostras (Bahia et al., 2015). Devido essas particularidades do DRX, a análise mineralógica não é tão comumente realizada quanto a análise física e química. O método de espectroscopia de refletância pode ser uma alternativa acessível para suprir a demanda por uma análise mineralógica mais rápida, com capacidade de entregar um desempenho aceitável para os principais minerais de solos tropicais.

A mineralogia é uma propriedade importante do solo, pois pode indicar o grau de intemperismo do solo, também controla a capacidade de reter vários elementos, como o fósforo, influenciando a fertilidade do solo e elementos potencialmente tóxicos (PTEs) para o meio ambiente (Camargo et al., 2012). Assim, a caracterização da mineralogia do solo, juntamente com propriedades físicoquímicas, pode ser utilizada para aplicação agrícola e auxiliar na tomada de decisões.

## CONCLUSÕES

Este estudo foi capaz de identificar a abundância relativa dos principais minerais que ocorrem em solos subtropicais no sul do Brasil usando a espectroscopia de reflectância VIS–NIR– SWIR. Os minerais encontrados foram: goethita e hematita, nas regiões entre 430 a 460 nm e entre 535 e 585 nm, respectivamente. Caulinita, entre 2204 e 2226 nm e argilominerais 2:1, como ilita entre 2344 e 2372 nm e clorita entre 2372 e 2270 nm.

A identificação da mineralogia do solo por espectroscopia de refletância mostrou benefícios como a não utilização de produtos tóxicos para preparo de amostras e análises realizadas em curto período de tempo, demonstrando que essa técnica pode substituir ou complementar a análise de DRX em um grande grupo de amostras de solo.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado do primeiro autor e o Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro, à CMPC Brasil Papel e Celulose, pela disponibilização da área de estudo e apoio à coleta de amostras e ao Grupo de Geotecnologia em Ciência do Solo da ESALQ / USP que recebeu o primeiro autor para atividades de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Amaral FHC, Neto AEF, Curi N, Inda AV, Araújo EF De. Produtividade de Eucalyptus grandis e sua relação com a cinética de liberação de macronutrientes. Sci For Sci. 2015;43:979-991.

Bahia ASR, Marques J, Siqueira DS. Procedures using diffuse reflectance spectroscopy for estimating hematite and goethite in Oxisols of São Paulo, Brazil. Geoderma Reg. 2015;5:150–156.

Camargo LA, Marques J, Pereira GT, Alleoni LRF. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale. Catena. Elsevier B.V.; 2012;100:100–106.

Clark, Roush. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing applications. J Geophys Res. 1984;89:6329–6340.

Coblinski JA, Giasson É, Demattê JAM, Dotto AC, Costa JFJ, Vasat R. Prediction of soil texture classes through different wavelength regions of reflectance spectroscopy at various soil depths. Catena. 2020;189.

Corrêa de Medeiros PS, do Nascimento PC, Inda AV, da Silva LF. Genesis and classification of soils from granitic hills in southern Brazil. J South Am Earth Sci. 2020;98.

Fink JR, Inda AV, Almeida JA de, Bissani CA, Giasson E, Nascimento PC do. Chemical and mineralogical changes in a Brazilian Rhodic Paleudult under different land use and managements. Rev Bras Ciência do Solo. 2014;38:1304–1314.

Jackson ML, Sherman GD. Chemical weathering of minerals in soil. Adv Agron. 1953;5:221–318.

Madeira J, Bédidi A, Pouget M, Cervelle B, Flay N. Spectral (MIR) determination ok kaolinite and gibbsite contents in lateritic soils. Surf Geosci. 1995;119–128. Omran ESE. Rapid prediction of soil mineralogy using imaging spectroscopy. Eurasian Soil Sci. 2017;50:597– 612.

Ramaroson VH, Becquer T, Sá SO, Razafimahatratra H, Delarivière JL, Blavet D, Vendrame PRS, Rabeharisoa L, Rakotondrazafy AFM. Mineralogical analysis of ferralitic soils in Madagascar using NIR spectroscopy. Catena. 2017.

Santos HG dos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa. 2018.

Scheinost AC, Chavernas A, Barrón V, Torrent J. Use and limitations of second-derivative diffuse reflectance spectroscopy in the visible to near-infrared range to identify and quantify Fe oxide minerals in soils. Clays Clay Miner. 1998;46:528-536.

Schulze DG, Lafayette W. Ao Introduction to Soil Mioeralogy. 2002;

Sellitto VM, Fernandes RBA, Barrón V, Colombo C. Comparing two different spectroscopic techniques for the characterization of soil iron oxides: Diffuse versus bi-directional reflectance. Geoderma. Elsevier B.V.; 2009;149:2–9.

Silva LF da, Nascimento PC do, Inda AV, Silva ER. SOIL VARIABILITY IN DIFFERENT LANDSCAPE POSITIONS IN THE PORTO ALEGRE BOTANICAL GARDEN, SOUTHERN BRAZIL. Ciência e Agrotecnologia. 2015;39:477-487.

Soriano-Disla JM, Janik LJ, Viscarra Rossel RA, MacDonald LM, McLaughlin MJ. The performance of visible, near-, and mid-infrared reflectance spectroscopy for prediction of soil physical, chemical, and biological properties. Appl Spectrosc Rev. 2014;49:139-186.

Stevens A, Ramirez-Lopez L. An introduction to the prospectr package [Internet]. R Packag. Vignette. 2014.

Viscarra Rossel RA, Behrens T, Ben-Dor E, Brown DJ, Demattê JAM, Shepherd KD, Shi Z, Stenberg B, Stevens A, Adamchuk V, Aïchi H, Barthès BG, Bartholomeus HM, Bayer AD, Bernoux M, Böttcher K, Brodský L, Du CW, Chappell A, Fouad Y, Genot V, Gomez C, Grunwald S, Gubler A, Guerrero C, Hedley CB, Knadel M, Morrás HJM, Nocita M, Ramirez-Lopez L, Roudier P, Campos EMR, Sanborn P, Sellitto VM, Sudduth KA, Rawlins BG, Walter C, Winowiecki LA, Hong SY, Ji W. A global spectral library to characterize the world's soil. Earth-Science Rev. 2016;155:198-230.

Viscarra Rossel RA, Bui EN, De Caritat P, McKenzie NJ. Mapping iron oxides and the color of Australian soil using visible-near-infrared reflectance spectra. J Geophys Res Earth Surf. 2010;115:1-13.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Caracterização de Solos com Elevado Conteúdo de Matéria Orgânica em Área Agrícola no Município do Rio de Janeiro

Yan Vidal de Figueiredo Gomes Diniz[1]; Hugo de Souza Fagundes[2]; Otavio Augusto Queiroz dos Santos[1]; Marcio Matos de Mendonça[3]; Lúcia Helena Cunha dos Anjos[4]; Marcos Gervasio Pereira[4]

[1]Estudante do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ); [2] Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ), Rodovia BR 465, km 07, s/n Zona Rural, Seropédica-RJ, 23890-000, hugofagundes.90@gmail.com; [3] Engenheiro Agrônomo, Assessoria e Serviços de Projetos em Agricultura Alternativa (ASPTA), Rua das Palmeiras, 90, 3º Andar – Botafogo, Rio de Janeiro – Rj, 22270-070; [4]Professor Titular do Departamento de Solos (UFRRJ); Estudante de Pós-Doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ)

## INTRODUÇÃO

Os Organossolos correspondem a menos de 5% da área do Brasil, sendo que no município do Rio de Janeiro (RJ) ocupam cerca de 43 km² (3,4%). Apesar do seu grande potencial agrícola, o conhecimento sobre os Organossolos ainda é incipiente, o que dificulta as estratégias empregadas para o seu manejo. Adicionalmente esses solos ainda carecem de informações que contribuam para uma melhor definição dos níveis hierárquicos inferiores. Outro ponto a ser considerado é que os métodos analíticos foram elaborados, em sua grande maioria, para solos minerais, dessa foram métodos e critérios diferenciados devem ser desenvolvidos para a caracterização desses solos. Dentre os métodos que carecem de maior investigação, destacam-se a mensuração do grau de decomposição das fibras que geralmente pode ser correlacionada com vários atributos edáficos edáficas. Quanto ao estágio de decomposição, o material orgânico pode ser classificado em fíbrico, aquele com fibras de origem vegetal facilmente identificáveis; hêmico, com fibras em estágio de decomposição intermediário; e sáprico, para o estágio de decomposição mais avançado (Santos et al, 2018)A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo caracterizar solos com elevado conteúdo de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro (RJ),contribuindo dessa forma para um melhor direcionamento do seu manejo e que também forneçam informações que subsidiem o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas duas áreas, cultivadas com coco (*Cocos nucifera*) e mandioca (*Manihot esculenta*), e uma área sob floresta tropical de várzea, identificadas no Levantamento de solos do município do Rio de Janeiro (RJ) (Embrapa, 1980) como complexo de Solos Orgânicos, Semi Orgânicos e Glei Húmico. Em cada área foram abertas trincheiras e realizada descrição e coleta dos solos segundo o Manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al. 2005). As análises para a caracterização química e física dos perfis seguiu as normas preconizadas pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (Santos et al., 2015).

As diferentes frações da matéria orgânica foram analisadas segundo Kononova (1966) e Dabin (1976). Para a classificação do material orgânico foi utilizada o método proposto por Lyn et al., apud Conceição (1989). O grau de decomposição dos materiais orgânicos foi determinado através dos seguintes métodos: a) método Von Post (Carter, 1993), de determinação expedita, que consiste em pressionar na mão uma amostra de solo úmida e avaliar o líquido extraído e o resíduo, avaliando a classe de decomposição de acordo com escala própria; e b) método volumétrico, que separa o material fíbrico do não fíbrico através de peneiramento, os teores de fibras esfregadas e não esfregadas são expressos em percentagem em relação ao material total (fibras e solo). Materiais com <17% de fibras esfregadas são identificados como sáprico, valores entre 17 e 40 % de fibras como hêmico, e valores superiores a 75% de fibras como fíbrico.Além destes, foram utilizados dois métodos colorimétricos. O primeiro consistiu na extração de compostos orgânicos com solução 0,025 mol $L^{-1}$ de pirofosfato de sódio e leitura em fotocolorímetro (550 nm). O valor obtido e multiplicado por 100 representa a percentagem de absorbância (PA). Valores de PA< 40 classificam o material como 'peat', e PA> 60 classificam-no como 'muck'. No segundo método, uma amostra foi deixada em contato com solução de pirofosfato de sódio por uma noite. Após este tempo, a amostra foi esfregada em papel cromatográfico e a cor comparada com os padrões na página 10YR da carta de Munsell. O índice de pirofosfato (IP) foi calculado subtraindo-se o croma do valor. IP 5 representa material fíbrico e IP ≤ 3 é característico de material sáprico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas algumas características morfológicas dos perfis de solos estudados. Apesar de localizarem-se próximos, foram observadas variações na morfologia dos solos, principalmente quanto à sequência e natureza dos horizontes, cor; e tipo, tamanho e grau de desenvolvimento da estrutura. Essas diferenças estão associadas à drenagem interna e à grande heterogeneidade dos sedimentos depositados em ambientes flúvio-marinhos.

Os horizontes superficiais do perfil da área de plantio de coco apresentaram cores variando do preto (N 2,5/ ) ao cinzento muito escuro (N 3/ ), devido aos elevados teores de matéria orgânica. No horizonte

Hj1 verifica-se coloração bruno forte (7,5 YR 4/6) com mosqueado abundante, grande e distinto de coloração cinzenta escura (N 4/ ), indicando respectivamente presença de jarosita e de ferro reduzido em solução.

Nos horizontes superficiais dos perfis não foi realizada a avaliação da granulometria, pois os teores de carbono orgânico foram maiores ou iguais 80 g $kg^{-1}$, caracterizando-os como horizontes hísticos (Santos et al., 2018). Já nos horizontes minerais do perfil da área de floresta secundária, foi observada uma sequência de textura muito argilosa (A, CA, Cg1) e franco argiloarenosa (horizontes Cg2 e Cg3). Esta grande variação da textura, representa diferentes momentos de sedimentação de materiais no processo de formação do solo.

A formação da estrutura é considerada entre outras características, uma evidência morfológica da pedogênese, resultante do processo de amadurecimento do solo quando da transformação dos sedimentos orgânicos em Organossolos (Ebeling et al., 2011). Os horizontes superficiais Hdp1 das áreas de plantio de coco e mandioca apresentam agregação do solo semelhantes, quais sejam: moderado grau de desenvolvimento dos agregados, tamanho variando de pequeno a médio e tipo granular. Para estes horizontes, o tipo de estrutura e o seu grau de

desenvolvimento são devidos ao elevado conteúdo de matéria orgânica e ao seu grau de humificação. Já os horizontes subsuperficiais (Hdp2) apresentam estrutura fraca, média e granular.

Na área de floresta secundária o horizonte superficial H apresenta estrutura forte, variando de média a grande de formato granular, enquanto no horizonte subsuperficial verifica-se estrutura de grau moderado, tamanho variado de médio a grande, granular. Nos demais horizontes dos perfis de todas as áreas foi verificada estrutura maciça ou com material orgânico denso, devido ao regime hídrico do solo que retarda o desenvolvimento de estrutura com agregação. Observa-se uma redução do grau de desenvolvimento e no tamanho da estrutura nos horizontes superficiais das áreas agrícolas em relação à área de floresta secundária, em função do manejo.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de algumas análises dos perfis. A densidade do solo (Ds) variou de 0,26 a 1,02 Mg $m^{-3}$, menores valores foram verificados para os horizontes orgânicos. A densidade dos Organossolos varia de 0,20 a 0,30 Mg $m^{-3}$, e a de solos minerais de 1,25 a 1,45 Mg $m^{3}$. Conceição (1989) encontrou valores entre 0,29 e 0,98 Mg $m^{-3}$para horizontes orgânicos, em Organossolos localizados no Rio de Janeiro. Os valores mais baixos refletem à influência da baixa densidade da matéria orgânica do solo (DMO), que varia de 0,13 a 0,25 unidade? (Tabela 1).

Quanto ao grau de decomposição o material de solo avaliado pelo método de fibras e pelo método expedito de Von Post, observa-se uma variação desde 3 a 9 da escala padrão, o que significa materiais que variam de desde fíbrico até húmico. Os materiais na área com coco foram classificados como fíbrico, horizontes H2 e H4, hémico, horizonte H3, e sáprico, para os demais. Na área com mandioca, os horizontes H3 e H4 foram classificados como sáprico, o horizonte H5 foi classificado como fibroso, e os demais horizontes foram classificados como hêmicos. Na área de mata, apenas o horizonte H foi classificado como hêmico, os demais são minerais (Tabela 1).

A variação dos teores de fibras esfregadas em profundidade foi irregular. Nas áreas de coco e mandioca, o conteúdo de fibras esfregadas no horizonte superficial é elevado, diminuindo em profundidade e voltando a aumentar na altura do lençol freático, onde os materiais orgânicos têm características originais reconhecíveis e reduzido grau de decomposição (Tabela 1). Os elevados teores de fibras esfregadas em superfície podem ser devidos à presença de material decíduo recente. O teor de fibras esfregadas, quando contrastado em gráfico contra o índice de pirofosfato (Figura 1), permite a comparação dos métodos químicos e físicos de avaliação do grau de decomposição. A maioria dos horizontes estudados classificam-se como sápricos e os demais como hêmicos, através da análise do teor de fibras esfregadas. Pelo emprego do índice de pirofosfato, todos os horizontes possuem características de material sáprico (IP<3). No entanto, pelos critérios do Soil Taxonomy (EUA, 1998), para o material ser qualificado como sáprico ou fíbrico é necessário que concorde pelos dois métodos, caso contrário será hêmico. Assim, os horizontes Hpd e H4 da área de coco e H1 e H5 da área de mandioca foram classificados como hêmicos e os demais, como sápricos.

A relação entre os teores de fibras esfregadas e os conteúdos de materiais minerais é apresentado na Figura 2. As áreas apresentadas na Figura 1 estão divididas de acordo com as classes taxonômicas para o grau de decomposição e o conteúdo de material mineral.

## CONCLUSÕES

Os solos do município do Rio de Janeiro estudados neste trabalho apresentaram significativo grau de decomposição da matéria orgânica, de acordo com os atributos analisados. Tal efeito pode ser explicado em função do manejo intensivo e convencional utilizado na propriedade.

**AGRADECIMENTOS:** À CAPES e ao Sr Shozi Tiba, proprietário rural.

## REFERÊNCIAS

Carter MR. Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, 1993.

Claessen MEC. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

Conceição M. Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Seropédica, RJ. 170p. 1989.

Dabin B. Méthode d'extraction et de fractionnement des matiéres organiques du sol. Aplication a quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. Chah Orston, sér pédol. 1976. 4: 287-97.

Ebeling, AG., Anjos, LHCD., Perez, DV., Pereira, MG., & Gomes FWDF. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos Háplicos de várias regiões do Brasil. R. Bras. de Ci. do Solo, 35(2), 2011; 325-336.

EUA. Keys to Soil Taxonomy. 8ª ed. USDA, Natural Resources Conservation Service, Washington D.C. 1998, 326p.

Kampf N, Schneider P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: Propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. R. Bras. Ci. Solo, 1989; 13:227-236,.

Kononova MM. Soil organic matter. 2ª ed. New York, Pergaon Press, 1966. 555p.

Palmieri F. Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos no Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ SNLCS, 1980.

Santos, RD.; Lemos, RC.; Santos; HG.; Ker, JC. & Anjos, LHC. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, S. Brasi. de Ci. do Solo, 2005. 100p.

Santos RD, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC, Shimzu SH. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7 ed. S. Brasi. de Ci. do Solo, Viçosa; 2015.

Tabela 1: Características dos materiais orgânicos e minerais.

| Área | Horiz. | Prof. | C org. | Ds | DMO | Cor 10YR | IP | MM | Fibras Esfregadas | Escala Von Post |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | cm | g kg$^{-1}$ | --kg dm$^{-3}$-- | | | | ----- % ----- | | |
| **Coco** | Hpd | 0-13 | 177,6 | 0,77 | 0,24 | 2/1 | 1 | 69,4 | 25 | 9 |
| | H1 | -29 | 188,8 | 0,77 | 0,25 | 2/1 | 1 | 67,5 | 5 | 9 |
| | H2 | -53 | 215,9 | 0,37 | 0,14 | 3/2 | 1 | 62,8 | 12 | 3 |
| | H3 | -77 | 169,9 | - | - | 3/1 | 2 | 70,7 | 10 | 5 |
| | H4 | -85+ | 161,0 | - | - | 4/1 | 3 | 72,2 | 21 | 3 |
| **Mandioca** | H1 | 0-15 | 177,4 | 0,66 | 0,20 | 2/2 | 0 | 69,4 | 21 | 7 |
| | H2 | -34 | 151,4 | 0,79 | 0,21 | 3/1 | 2 | 73,9 | 0 | 7 |
| | H3 | -50 | 219,4 | 0,41 | 0,16 | 2/1 | 1 | 62,2 | 0 | 8 |
| | H4 | -70 | 295,6 | 0,26 | 0,13 | 2/1 | 1 | 49,0 | 1 | 8 |
| | H5 | -98 | 342,6 | - | - | 2/1 | 1 | 40,9 | 28 | 4 |
| | H6 | -118 | 115,8 | - | - | 4/1 | 3 | 80,0 | 15 | 5 |
| **Floresta** | H | 0-10 | 114,3 | 0,67 | 0,13 | 4/2 | 2 | 80,3 | 8 | 6 |
| | A | -25 | 96,7 | 0,78 | 0,13 | 4/1 | 3 | 83,3 | 1 | - |
| | CA | -44 | 74,1 | 1,02 | 0,13 | - | - | 87,2 | - | - |
| | Cg1 | -66 | 78,0 | - | - | - | - | 86,6 | - | - |
| | Cg2 | -105 | 40,3 | - | - | - | - | 93,1 | - | - |
| | Cg3 | -125 | 37,1 | - | - | - | - | 93,6 | - | - |

C org. = Corgânico = (100-MM)/1,724; Ds=Densidade do solo; DMO=Densidade da Matéria Orgânica [DMO=Ds-{Ds x (%MM/100)}]; IP=Valor-Croma; MM= Material Mineral, {MM=(Peso seco a 400°C/peso seco a 105°C) x100}.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Caracterização de solos das regiões sudoeste do estado do Amazonas e sudeste do estado do Acre

Aline Pacobahyba de Oliveira[1]; Eliane de Paula Clemente[2]; José Francisco Lumbreras[2]; Wenceslau Geraldes Teixeira[2]; Ederson da Conceição Jesus[3]; Paulo Emílio Ferreira da Motta[2]

[1]Pesquisadora, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro-RJ, 22.460-000, aline.oliveira@embrapa.br; [2]Pesquisador(a), Embrapa Solos; [3]Pesquisador, Embrapa Agrobiologia.

## INTRODUÇÃO

A Amazônia tem sofrido, ao longo dos anos, intensa interferência humana. Com isso ocorrem inúmeras mudanças nos processos que controlam a sustentabilidade de seus ecossistemas (Fearnside, 1996). O desmatamento é a ameaça mais grave para a conservação dos recursos naturais, já que provoca distúrbios em vários estágios da regeneração natural, como nas perdas das funções da floresta na ciclagem de água e nutrientes (Lean et al., 1996). Todas essas formas de alteração, como a conversão de florestas em pastagens alteram o equilíbrio do meio, ocasionando consequências diversas.

A exemplo tem-se a ocorrência de doenças em animais, como é o caso do tema de pesquisa do projeto intitulado "Monitoramento do distúrbio da microbiota de solos amazônicos durante a conversão da floresta a pasto e suas consequências sobre saúde animal", do qual o presente estudo faz parte. O projeto tem como objetivo caracterizar relações entre o ambiente do solo e as mudanças na comunidade microbiana devido à conversão de florestas em pastagens no bioma Amazônia e a ocorrência da periodontite em ruminantes – anteriormente chamada "doença da cara inchada" (Döbereiner et al. 1974).

Este estudo objetivou a caracterização de solos das regiões sudoeste do estado do Amazonas e sudeste no estado do Acre em áreas de floresta e áreas convertidas em pastagens, quanto às características morfológicas, químicas e físicas bem como sua classificação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

## MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudos situam-se nos municípios de Lábrea (P1, P2 e P3), no estado do Amazonas, e Bujari (P4, P5 e P6), no estado do Acre (Figura 1).

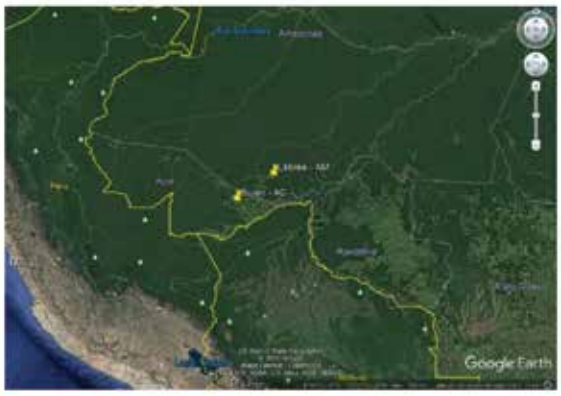



**Figura 1.** Localização das áreas de estudo de solos nos municípios de Lábrea – AM e Bujari – AC.

Foram descritos e amostrados, segundo Santos et al. (2015), seis perfis de solos.

O clima de tropical com estação seca de curta duração e temperaturas médias mensais acima de 18 °C em todos os meses do ano (Am, segundo a classificação de Köppen, 1936), predomina nas regiões de estudo.

A vegetação original consiste de floresta equatorial perenifólia (Carvalho et al., 1988), caracterizada por vegetação densa, com árvores imponentes, em regiões próximas à linha do equador.

Quanto à geologia, os solos das áreas de estudo, de modo geral, são formados a partir da decomposição de argilitos e siltitos da Formação Solimões, (Brasil, 1976)

As amostras de solos foram inicialmente secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm e em seguida submetidas às análises físicas e químicas (Teixeira et al., 2017).

A análise granulométrica foi realizada por peneiramento e a argila estimada pelo método do densímetro, após agitação lenta (por 16 horas), sob dispersão da amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol $L^{-1}$.

As análises químicas constaram de pH em água e KCl 1 mol $L^{-1}$, determinados potenciometricamente, na relação 1:2,5 após agitação e repouso de 1 hora. Sódio e potássio trocáveis ($Na^+$ e $K^+$) foram extraídos com HCl 0,05 mol $L^{-1}$ + $H_2SO_4$ 0,0125 mol $L^{-1}$ (Mehlich-1) (proporção 1:10), e determinados por fotometria de emissão de chama. A dosagem de cálcio e magnésio trocáveis ($Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$) foi feita por espectroscopia de absorção atômica, e do alumínio trocável ($Al^{3+}$) por titulometria após a extração com KCl 1 mol $L^{-1}$ (na relação 1:10). A determinação da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi feita por titulometria após extração com acetato de cálcio 0,5 mol $L^{-1}$ (relação 1:10) e pH 7,0, e o carbono orgânico foi determinado pela titulação do dicromato de potássio remanescente com sulfato ferroso amoniacal após processo de oxidação (via úmida).

Os perfis foram classificados pelo SiBCS (Santos et al., 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos encontrados nas áreas deste estudo foram: três Latossolos Amarelos (P1, P2, P3), um Argissolo Amarelo (P4), um Luvissolo Háplico (P5), um Plintossolo Argilúvico (P6) (Tabela 1).

Latossolos e Argissolos Amarelos são muito comuns na Amazônia brasileira e se caracterizam por serem solos profundos, bem drenados, muito intemperizados, ácidos, de baixa fertilidade natural e, em certos casos, com alta saturação por alumínio (m%) (Embrapa, 2006).

Nas áreas de estudo do município de Lábrea ocorrem Latossolos Amarelos Distróficos, com textura variando de média a argilosa, apresentando caracteres plíntico e concrecionário (P1, P2 e P3) e sendo classificados como petroplíntico e plintossólico no 4º nível categórico do SiBCS.

Estes solos são naturalmente pobres quanto à fertilidade natural e apresentam alta saturação por alumínio, que confere a sua classificação no 3º nível categórico (grande grupo) como distrófico, revelando sua pobreza em nutrientes e baixa saturação por bases.

Os solos estudados no município de Bujari, no estado do Acre são o Argissolo Amarelo

Alumínico plintossólico (P4), o Luvissolo Háplico Pálico gleissólico (P5) e o Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico (P6). Embora apresentem composição granulométrica parecida com os solos de Lábrea, são diferenciados dos demais quanto às características morfológicas, ao comportamento físico-hídrico e aos atributos químicos. Estes solos apresentam restrição de drenagem, que varia de imperfeitamente a mal drenados. Os valores de pH são ligeiramente

mais altos em relação aos demais. Além disso, a presentam altos valores de $Al^{3+}$ na maior parte dos horizontes diagnósticos, sendo que no P4 e no P6, se aplica o caráter alumínico na classificação no 3º nível categórico. Os Luvissolos, caracterizados por presença de horizonte B textural, argila de atividade alta (≥ 27 $cmol_c\ kg^{-1}$) e alta saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, são solos pouco intemperizados e naturalmente férteis. Assim, tanto o P5 quanto o P6, apesar dos altos valores de $Al^{3+}$ em subsuperfície, apresentam saturação por bases (V%) mais alta nos horizontes mais superficiais em relação aos demais perfis.

## CONCLUSÕES

Este estudo apresenta solos representativos das regiões de estudo e suas informações são úteis para diversos fins e podem ser extrapoladas para áreas com características semelhantes, permitindo o estabelecimento de correlações e interpretações relativas às características pedológicas e qualidade dos solos como suporte para adequações no uso e planejamento rural sustentável.

Os resultados aqui apresentados são embasamento e subsídios essenciais aos resultados e discussões do projeto do qual este trabalho faz parte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à United States Agency for International Development (USAID), à U.S. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM)/Partnerships for Enhanced Engagement in Research (PEER), financiadores do projeto, aos Professores Iveraldo Dutra, Ana Carolina Borsanelli e Cecílio Viega Soares Filho, parceiros do projeto pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita" (UNESP), à Embrapa Solos e à Embrapa Agrobiologia.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL Folha SC.19 Rio Branco; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. 464 p.

CARVALHO, A. P. DE; LARACH, J. O. I.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro: Embrapa, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1988. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 11.)

DÖBEREINER J., INADA T. & TOKARNIA C.H. 1974. "Cara inchada", doença peridentária em bovinos ["Cara inchada", a periodontal disease in cattle]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Sér. Vet. 9: 63-85.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Amazonia and global warming: Annual balance of greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. p. 606-617 In: J. Levine (ed.). Blomass Burning and Global Change. Volume 2: Biomass Burning in South America, Southeast Asia and Temperate and Boreal Ecosystems and the Oil Fires of Kuwait. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 902 p. 1996.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

LEAN, J.; BUNTON, C. B.; NOBRE, C. A.; ROWNTREE, P.R. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured vegetation characteristics, p. 549-576. In: GASH,

J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; Victoria, R. L. Amazonian Deforestation and Climate. Wiley, Chichester, Reino Unido.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARÚUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181677/1/SiBCS-2018--ISBN-9788570358172.epub>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SANTOS, R. D. DOS; SANTOS, H. G. DOS; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. DOS; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p. il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 11 jul. 2020.

**Tabela 1.** Horizontes representativos de perfis de solos da região sudoeste do estado do Amazonas e sudeste do estado do Acre.

| Horizonte | Profundidade | Composição granulométrica | | | | pH | | Complexo Sortivo | | | Valor | Valor | CO[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Símbolo | | AG[1] | AF[2] | Silte | Argila | $H_2O$ | KCl | Valor S | $Al^{3+}$ | Valor T | V | m | |
| | -- cm -- | ---------- g kg$^{-1}$ ---------- | | | | | | --- cmol$_c$ kg$^{-1}$ --- | | | ---- % --- | | g kg$^{-1}$ |
| P1 - Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico, textura média/argilosa, A moderado - Lábrea, AM | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-15 | 53 | 436 | 204 | 307 | 3,9 | 3,7 | 0,3 | 2,2 | 9,4 | 3 | 88 | 16,2 |
| BA | 15-37 | 51 | 387 | 152 | 410 | 4,6 | 3,9 | 0,1 | 1,8 | 5,8 | 2 | 95 | 6,2 |
| Bw1cf | 37-76 | 27 | 382 | 139 | 452 | 4,6 | 3,9 | 0,1 | 1,7 | 5,5 | 2 | 94 | 3,9 |
| Bw2cf | 73-120 | 23 | 316 | 169 | 492 | 4,8 | 3,9 | 0,1 | 1,9 | 5,3 | 2 | 95 | 3,6 |
| P2 - Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico, textura média/argilosa cascalhenta, A moderado - Lábrea, AM | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-7 | 137 | 427 | 130 | 306 | 4,7 | 3,9 | 1,3 | 1,1 | 8,2 | 16 | 46 | 14,2 |
| BA | 7-38 | 92 | 404 | 157 | 347 | 4,8 | 3,9 | 0,8 | 1,2 | 6,2 | 13 | 60 | 7,1 |
| Bw1cf | 38-70 | 78 | 378 | 135 | 409 | 4,7 | 3,9 | 0,8 | 1,4 | 6,5 | 12 | 64 | 4,8 |
| Bw2cf | 70-93 | 67 | 390 | 135 | 408 | 4,7 | 3,8 | 0,4 | 1,7 | 5,5 | 7 | 81 | 3,3 |
| Bw3cf | 93-120 | 72 | 345 | 154 | 429 | 4,8 | 3,9 | 0,2 | 1,6 | 5,3 | 4 | 89 | 2,9 |
| P3 - Latossolo Amarelo Distrófico plintossólico, textura argilosa, A moderado - Lábrea, AM | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-12 | 88 | 300 | 243 | 369 | 4,5 | 3,8 | 0,8 | 2,2 | 9,5 | 8 | 73 | 18,6 |
| AB | 12-20 | 72 | 295 | 223 | 410 | 4,5 | 3,9 | 0,3 | 2 | 7,8 | 4 | 87 | 10,3 |
| Bw1 | 20-48 | 49 | 336 | 185 | 430 | 4,7 | 3,9 | 0,1 | 2,2 | 6,4 | 2 | 96 | 5,0 |
| Bw2 | 48-85 | 45 | 334 | 170 | 451 | 4,9 | 3,9 | 0,1 | 1,8 | 5,3 | 2 | 95 | 4,0 |
| Bwf | 85-120 | 58 | 442 | 192 | 308 | 5,2 | 4 | 0,1 | 1,3 | 4,5 | 2 | 93 | 2,5 |
| P4 - Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico textura média/argilosa, A moderado - Bujari, AC | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-12 | 61 | 438 | 296 | 205 | 5,2 | 4,3 | 3,6 | 0,1 | 8 | 45 | 3 | 10,5 |
| AB | 12-30 | 47 | 427 | 260 | 266 | 4,9 | 3,9 | 0,9 | 1,6 | 5,8 | 16 | 64 | 4,1 |
| BA | 30-48 | 59 | 393 | 241 | 307 | 4,38 | 3,8 | 0,7 | 3 | 6,3 | 11 | 81 | 2,7 |
| Bt | 48-57 | 30 | 351 | 234 | 385 | 4,8 | 3,7 | 0,6 | 4 | 7,5 | 8 | 87 | 2,6 |
| Btf1 | 57-75 | 12 | 303 | 208 | 477 | 4,7 | 3,7 | 0,6 | 4,6 | 9 | 7 | 88 | 2,8 |
| Btf2 | 75-120 | 13 | 259 | 185 | 543 | 4,8 | 3,7 | 0,7 | 6,4 | 10,2 | 7 | 90 | 2,3 |
| P5 - Luvissolo Háplico Pálico gleissólico, textura média/argilosa, A moderado - Bujari, AC | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-5 | 87 | 71 | 551 | 291 | 5,5 | 4,5 | 10,5 | 0,1 | 16,3 | 64 | 1 | 23,0 |
| AB | 5-20 | 77 | 77 | 472 | 374 | 5,6 | 4,2 | 9,8 | 0,3 | 13,9 | 70 | 3 | 7,2 |
| Bt1 | 20-35 | 40 | 59 | 396 | 505 | 5,1 | 3,8 | 10,9 | 2,7 | 17,8 | 61 | 20 | 4,1 |
| Bt2 | 35-65 | 36 | 51 | 404 | 509 | 5 | 3,7 | 10,5 | 4,9 | 19,7 | 53 | 32 | 2,5 |
| Btg1 | 65-86 | 42 | 47 | 445 | 466 | 5 | 3,7 | 11,1 | 6,1 | 21 | 53 | 35 | 2,4 |
| Btg2 | 86-120 | 47 | 62 | 465 | 426 | 5,1 | 3,7 | 14,4 | 6,1 | 23,9 | 60 | 30 | 1,7 |
| P6 - Plintossolo Argilúvico Alumínico gleissólico, textura média/argilosa, A moderado - Bujari, AC | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-5 | 87 | 71 | 551 | 291 | 5,5 | 4,5 | 10,5 | 0,1 | 16,3 | 64 | 1 | 27,7 |
| AB | 5-20 | 77 | 77 | 472 | 374 | 5,6 | 4,2 | 9,8 | 0,3 | 13,9 | 70 | 3 | 8,3 |
| Bt1 | 20-35 | 40 | 59 | 396 | 505 | 5,1 | 3,8 | 10,9 | 2,7 | 17,8 | 61 | 20 | 3,9 |
| Bt2 | 35-65 | 36 | 51 | 404 | 509 | 5 | 3,7 | 10,5 | 4,9 | 19,7 | 53 | 32 | 4,6 |
| Btg1 | 65-86 | 42 | 47 | 445 | 466 | 5 | 3,7 | 11,1 | 6,1 | 21 | 53 | 35 | 3,7 |
| Btg2 | 86-120 | 47 | 62 | 465 | 426 | 5,1 | 3,7 | 14,4 | 6,1 | 23,9 | 60 | 30 | 4,0 |

areia grossa; [2] areia fina; [3] carbono orgânico.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Gênese e classificação de solos ao longo da planície aluvial do Arroio Dilúvio em Porto Alegre – RS

Edsleine Ribeiro Silva[1]; Paulo César do Nascimento[2]; Tatiele Fruett do Santos[3]; Priscila Vogelei Ramos [4]; Estéfane Chaves[3]

[1]Pesquisadora de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Departamento de Solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, 91540 000, edsleine@hotmail.com; [2] Professor Adjunto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; [3] Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; [4] PósDoc em Química do Solo e Ecologia Microbiana, Universidad de Burgos

## INTRODUÇÃO

O Município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do sul, está situado sobre um substrato com predomínio de rochas graníticas. São notórios na paisagem os morros e coxilhas, que se destacam no relevo e apresentam altitudes variadas. Porém áreas de baixada também podem ser encontradas em Porto Alegre. Estas estão situadas às margens de arroios em relevos planos, como o Arroio Dilúvio. O Arroio Dilúvio é um dos principais córregos de Porto Alegre, tendo grande abrangência territorial. O arroio nasce na zona leste da cidade e atravessa diversos bairros de Porto Alegre, entre estes o Bairro Agronomia e a própria Faculdade de Agronomia (FAGRO) - UFRGS.

O conhecimento sobre os processos de formação e características dos solos é um importante subsídio para avaliação de aptidão, suporte de carga e predição de fragilidades destes solos, que podem ser encontrados ao longo de todo o curso do Arroio Dilúvio. Além disso, as informações sobre os solos caracterizados e classificados podem servir de apoio para atividades futuras na FAGRO, tanto para pesquisa, ensino ou extensão.

Os objetivos deste estudo são caracterizar e classificar os solos, enquadrando-os nas classes estabelecidas no Sistema Brasileiro de classificação de Solos (EMBRAPA, 2018) e avaliar as relações solo-ambiente na planície aluvial do Arroio Dilúvio.

## MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização e classificação dos solos foram realizadas dentro da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FAGRO), município de Porto Alegre, localizado entre as coordenadas geográficas 29º 55" 56' e 30º 16" 05" (S)- 51º 01" 08" e 51º 16" 00' (O).

Para classificação dos solos sob manejos distintos na FAGRO, foram abertas trincheiras, em quatro diferentes unidades de paisagem com usos e ocupações conhecidas, representadas na figura 1.

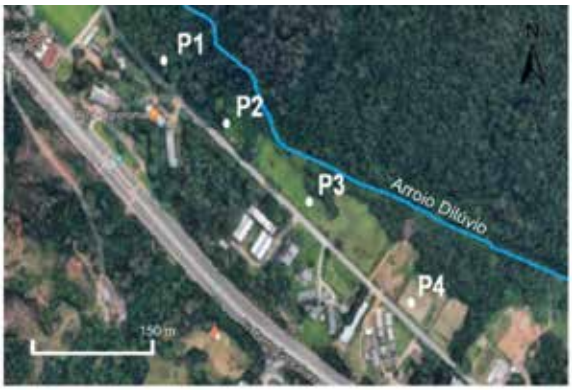



**Figura 1.** Localização das trincheiras em distintas unidades da paisagem às margens do Arroio Dilúvio, Porto Alegre. Perfil 1 (P1): Mata, Perfil 2 (P2): Sistema Agroflorestal, Perfil 3 (P3): Potreiro, Perfil 4 (P4): Plantas de lavoura.

Foram realizadas descrições morfológicas em todos os perfis estudados, com a observação e determinação de: cor, textura, consistência, estrutura, espessura e transição entre horizontes. As cores dos horizontes foram definidas a partir da Carta de Cores de Munsell (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1950). Para leitura da paisagem foram observadas: as formas, funções, estruturas e dinâmicas das unidades de paisagem. A coleta de amostras dos perfis seguiu os procedimentos citados por Santos et al. (2013).

As análises químicas consistiram em determinação os teores de $K^+$, $Na^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$ trocável, teores carbono orgânico total conforme procedimentos descritos em Embrapa (1997). Cálculos de capacidade de troca de cátions (CTC pH 7,0), saturação por alumínio (Al%) e saturação por bases (V%). Determinação de teores de $SiO_2$, $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$, $K_2O$, $TiO_2$, $MnO_2$ e Ki segundo procedimentos preconizados em Embrapa (1997).

Dissoluções seletivas com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960), na fração terra fina seca ao ar (TFSA), bem como com oxalato de amônio (SCHWERTMANN, 1964) foram determinados por espectroscopia de absorção atômica (EAA).

Em relação às análises físicas, a fração argila foi determinada pelo método da pipeta e o silte calculado por diferença. O mesmo procedimento foi utilizado, sem a adição de dispersante químico (NaOH), para a determinação da argila dispersa em água (ADA), permitindo o cálculo do grau de floculação deste material (EMBRAPA, 1997). A condutividade elétrica foi determinada por meio de condutivímetro em pasta saturada; e a densidade do solo foi obtida por meio de coleta de amostras indeformadas (EMBRAPA, 1997). Com base nos dados obtidos, foi feito o enquadramento dos perfis com base no sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2018), bem como a avaliação da influência do ambiente

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morfologia dos solos

Existe no perfil 1 (P1-Mata) a predominância de amarelo, caracterizado pelo matiz 10 YR presente em todos os horizontes subsuperficiais e matiz 7,5 YR no horizonte superficial A. Segundo Kampf & Schwertamnn (1983), estas cores (vermelhas e amarelas) estão relacionadas à presença de óxidos de ferro, como goethita (FeO(OH)) e hematita ($Fe_2O_3$), sendo que a goethita deve predominar em ambientes úmidos e de temperaturas mais baixas, conferindo colorações mais amarelas. São encontrados mosqueados no horizonte BC, C1 e 2C2. Os mosqueados podem estar relacionados aos processos de redução e oxidação que ocorrem no solo com classe de drenagem imperfeitamente drenado (EMBRAPA, 2018). Os mosqueados do perfil da Mata estão associados à drenagem imperfeita presente na área. O perfil apresentou indícios de caráter flúvico já na detecção a campo, com variação de granulometria, esta classificação se comprovou com o Valor de Uniformidade (VU).

O perfil de solo 2 (P2), localizado no SAF, também apresentou cores vermelho-amareladas, variando de 2,5 YR à 10 YR. O horizonte B1g apresenta croma baixo (2,5 YR 5/2) e mosqueados. Estas características estão associadas a períodos de saturação por água nesta posição do perfil, que promove a gleização e resulta nas cores acinzentadas visíveis. O relevo plano e a proximidade com o Arroio Dilúvio podem favorecer o surgimento de ambiente com subida do lençol freático e períodos com saturação. Mesmo apresentando coloração acinzentada e mosqueados, típico de gleissolos, o horizonte B não atende aos requisitos mínimos para se enquadrar como horizonte diagnóstico Glei, tendo o horizonte diagnóstico identificado como Incipiente.

O perfil 3 (P3), localizado no potreiro, apresenta três horizontes com mosqueados, sendo estes horizontes B, BC e C. Os mosqueados de cores vivas avermelhados, como os encontrados neste perfil, são indicativos de zona de oscilação no lençol freático. A sensação ao tato indicou maior presença de silte neste perfil, em todos os horizontes.

No perfil 4 (P4), localizado nas plantas de lavoura, as cores de todos os horizontes são amarelas avermelhadas, com exceção do horizonte A2 (2,5Y 4/1). Este perfil apresenta cromas baixos, se diferenciando dos perfis já descritos. Também é possível notar a presença de mosqueados em três horizontes (A2, B1 e B2), o que reforça a ideia sobre a classe de drenagem (drenagem imperfeita). O horizonte B2 apresenta hidromorfismo expresso por gleização (resultado de processo de redução de compostos de ferro), pelo efeito de flutuação do nível do lençol freático. Em relação à textura dos horizontes do perfil P4 foi possível detectar o incremento de areia em subsuperficie. A partir de 45 cm de profundidade, a textura se torna franco arenosa com grande variação na relação areia grossa/areia total.

## Atributos Físicos

No P1 (Mata) houve um pequeno aumento de argila em profundidade. Os valores de grau de floculação dos horizontes do P1, a partir dos 22 cm de profundidade (B, BC, C1, 2C2) apresentaram-se altos, o que indica que estes horizontes apresentam também baixos valores de argila dispersa em água. O menor grau de floculação da argila e maior capacidade de dispersão em água, favorece a perda de argila destes horizontes superficiais para horizontes mais subsuperficiais. Segundo Santos et al. (2010), a transferência de argila, pelo transporte vertical da água, favorecida pelo baixo grau de floculação, permite a formação do horizonte Bt. Neste caso, não houve incremento de argila suficiente para formação do horizonte textural e o horizonte B foi classificado como incipiente. O perfil P1 apresentou dois horizontes com valor VU, maior que 0,6, sendo o horizonte B com VU igual à 0,84 e horizonte C1 com VU igual à 0,88. Quando o VU do horizonte se apresenta em valores acima de 0,6 indica que houve descontinuidade litológica no perfil, ou seja, houve a mudança de material de origem no perfil indicando origem aluvial (Bortoluzzi et al. 2008).

No Perfil 2 (P2- SAF) houve o incremento de argila em profundidade, com o maior acúmulo no horizonte Bg1. A relação Silte/Argila neste perfil foi maior que 1,0 em todos os horizontes, e alguns horizontes como Bg1 e B2 apresentaram valor maior que 2. A relação areia fina/areia total apresentou variações entre todos os horizontes e seus subjacentes.

O perfil 3 (P3- Potreiro) apresentou ainda maior teor de argila em relação o perfil anterior, com teores de 320 g $kg^{-1}$ a partir de 22 cm de profundidade (horizonte B e BC). Este perfil apresentou os maiores valores de argila em relação aos demais em estudo.

Os valores de areia e argila nos horizontes do P4 foram mais semelhantes aos valores do

P1(Mata). O grau de floculação do P4 apresentou comportamento diferente dos demais perfis, com maior GF nos horizontes subsuperficiais e diminuição em subsuperfície. Isto indica que a dispersão da argila em água deve ser maior em profundidade, ou as argilas da superfície já foram perdidas. Quanto ao VU, pode se verificar valores maiores que 0,6, a partir de 34 cm de profundidade, em B1 e B2, indicando que houve descontinuidade no material de origem.

## Atributos químicos

Os atributos químicos apresentados são aqueles importantes para a classificação, interpretados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS- Embrapa, 2018). Os perfis de solo apresentam pH em água com valores menores que 5,4 em todos os horizontes. A CTC de todos os perfis se enquadrou como média, com apenas poucas exceções de horizontes subsuperficiais com CTC baixa (<5 cmolc dm-3). A atividade da fração argila (ATA), foi alta (>27 cmolc) em todos os horizontes de todos os perfis. Esta atividade, alta ou baixa, é indicadora e auxilia na classificação dos solos com a nomenclatura no terceiro nível categórico do SiBCS.

No perfil 1 (P1- Mata) a saturação por bases (V) é baixa, mas a ATA é alta, assim este perfil é classificado como "Ta distrófico" no terceiro nível categórico do SiBCS.

No perfil 2 (P2- SAF), a V dos horizontes é baixa, com exceção do horizonte A (59 %) e a ATA é alta em todos os horizontes.

O perfil 3 (P3- Potreiro) apresentou valores de pH baixos, classe de pH fortemente ácido (Embrapa, 2013) e teores intermediários de C orgânico, assim como os solos já citados. O P3 presentou os maiores valores de CTC entre todos os perfis e também ATA alta. A alta atividade da argila encontrada nos solos em estudo, indica que há um grau de intemperismo menos avançado ou menor intensidade de lixiviação. Essas dinâmicas estão associadas à posição dos solos no relevo de planície.

No perfil 4 (P4- PLAV) algumas características foram semelhantes aos demais solos já apresentados, mas este obteve classificação diferenciada. Em relação aos atributos químicos, este perfil apresentou pH fortemente ácido, ATA alta e V baixa em todos os horizontes. O carbono orgânico apresentou distribuição uniforme ao longo da profundidade e não houve incremento no horizonte superficial (Ap). Os manejos realizados na área, com revolvimento e exposição do solo, não favorecem o acúmulo de material orgânico em superfície.E em relação as dissoluções seletivas, elementos extraídos por ataque sulfúrico, ditionito-citratobicarbonato de sódio (DCB), os solos apresentaram altos valores de Ki, relação Fed/Fes baixa e indicativos de descontinuidade litológica.

## Gênese e Classificação dos solos

Foi possível o enquadramento dos perfis de solos estudados em classes estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS - Embrapa, 2013). Os solos foram classificados até o quarto nível categórico.

Os solos da planície aluvial do Arroio Dilúvio apresentam classificações taxonômicas diferentes.

O perfil 1 (Mata) e Perfil 2 (Sistema Agroflorestal) estão classificados como

Cambissolo Flúvico Ta distrófico Típico. O perfil 3 (Potreiro) esta classificado como Cambissolo Flúvico Ta distrófico Gleissólico.

O perfil 4 (Plantas de lavoura) se enquadra em classe de solo diferente dos demais em estudo e está classificado como Gleissolo Háplico Ta distrófico Cambissólico.

A partir da caracterização e classificação dos perfis dos solos foi possível verificar um ambiente de deposição de materiais aluviais, com baixo grau de intemperismo e apenas um

processo de formação mais detectável em grau variável (hidromorfismo).

## CONCLUSÕES

Todos os solos em estudo apresentaram expressão do hidromorfismo, em diferentes graus.

A classe de drenagem mais restrita foi percebida no P4 (PLAV, onde o horizonte Glei foi descrito).

Os solos se mostraram ambientes pouco estabilizados, o que induz a incipiência de processos de formação. Além disto, percebeu-se em alguns pontos a presença de camadas variáveis, a partir de Valor de Uniformidade e relação areia fina/ areia total.

Os valores destes atributos indicaram descontinuidade litológica, característica de materiais aluviais.

O processo pedogenético que pode ser inferido nestes solos foi a Gleização.

**AGRADECIMENTOS:** UFRGS, CAPES, CNPQ, Grupo UVAIA e colaboradores da FAGRO.

## REFERÊNCIAS

Bortoluzzi EC, Pernes M, Tessier D. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um argissolo subtropical. R. Bras Ci Solo. 2008;32:997-1007.

Embrapa. Manual de métodos de análise de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa; 1997.

Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Brasília: Embrapa; 2018.

Kampf N, Schwertmann U. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brasil and their application in classification of kaolinitic soils. Geoderma. 1983;29:27-39.

Mehra OP, Jackson ML. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner. 1960. p. 317-327.

Munssel soil coller company, Munsell soil color chats, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

Santos, RD. et al. Manual de descrição e coleta de solos no campo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2013.

Schewertmaann, U. The differentiation of iron oxide in soil by a photochemical extraction with acid ammoniun oxalate. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, Alemanha:Berlin, 1964. p. 104-201.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Levantamento dos Solos Aplicado à Geotecnia por meio da Cartografia: Estudo de Caso no Município de Brusque (SC)

André Felipe Bozio [1]; Helen Aline Jacinto [2] e Vivian da Silva Celestino Reginato [3]

[1] [2] Mestrando (a), Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Delfino Conti, Trindade, Florianópolis-SC, 88040-900, andrefbozio@gmail.com; helen.jacinto@posgrad.ufsc.br (3) Doutora em Engenharia Civil e Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, vivian.celestino@ufsc.br

## INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das cidades e meios urbanos impacta diretamente os meios físicos e ambientais, desde o começo do século passado (XAVIER; BRESSANI, 2019). Estas complicações originam problemas no contexto de desmatamentos, movimentos de massa, áreas incorretas para disposição de resíduos sólidos, inundações, e ocupações de risco (RUIZ JUNIOR; OLIVEIRA, 2013).

Diante destas problemáticas, as investigações do solo, um dos objetos principais a serem analisados para fins de planejamento de uma cidade, surge com a finalidade de geoespacializar por meio de mapas, divididos em polígonos homogêneos, as tipologias de cada um (XAVIER; BRESSANI, 2019). Desta forma, a cartografia geotécnica garante aos projetistas de obras pontuais e lineares uma maior confiabilidade e otimização nas etapas de projeto (MASOUD, 2016) e aos planejadores e gestores territoriais uma visão geral e diagnóstica das cidades e regiões (EL AAL; MASOUD, 2018).

Nas aplicações práticas do mapeamento geotécnico, este documento subsidia o traçado das frentes de expansão das cidades e área urbanas, em obras de grande e pequeno porte, pontuais (prédios, empreendimentos, casa, etc.), lineares (estradas, ferrovias, etc.), otimização para estudos de estabilidade de taludes, desastres naturais e áreas de risco (ANDRADE; QUINTA-FERREIRA, 2017). Tem o objetivo de coletar informações do meio físico e geoespacializar na forma de mapas (XAVIER; BRESSANI, 2019).

A partir da contextualização por hora desenhada, é incipiente a realização de estudos que abarcassem as características do meio físico em âmbito geotécnico na área de estudo, relativos ao trabalho de cartografar geotécnicamente o perímetro municipal, por meio de um método embasado na literatura.

Tendo em vista a escassez de dados próprios para a utilização em análises em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na cidade de Brusque (SC) associado a importância dos mesmos anteriormente justificada, área crítica em relação aos desastres naturais, precisamente aos deslizamentos de massa e inundações, o presente estudo objetiva a elaboração do mapeamento geotécnico preliminar do município, por meio da metodologia mais utilizada no Sul do Brasil (DIAS ,1995), com a finalidade de quantificar e qualificar os principais solos e suas tipologias.

## MATERIAL E MÉTODOS

Com vistas à execução do objetivo proposto, a primeira etapa contemplou o levantamento dos dados necessários para a elaboração do mapa geotécnico, este, seguindo os preceitos do método desenvolvido por Dias (1995) que o contextualiza para solos tropicais, e está sendo utilizado em maior escala na região Sul do Brasil (VALENTE *et al.*, 2001; VALENTE *et al.*, 2004; HIGASHI; BIM, 2010; CARAMEZ; HIGASHI, 2011; SBROGLIA; HIGASHI, 2013; HEIDEMANN, 2014; SBROGLIA *et al.*, 2016; BETIATTO *et al.*, 2018; MASSOCO, 2019).

Davison Dias (1995) afirma que por meio da sobreposição do mapa pedológico e do geológico (interpretada em unidades litológicas), possibilita a delimitação do solo em unidades geotécnicas, conforme demonstrado pela **Figura 1**.

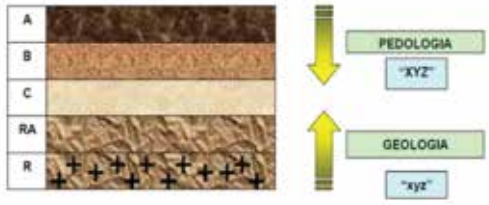



**Figura 1** – Método de nomeação dos solos e rochas (HIGASHI, 2002)

As letras maiúsculas "ABC" correspondem à classificação pedológica dos horizontes superficiais (horizonte A e B) e as minúsculas "abc" são identificadoras da geologia caracterizando os horizontes C, RA (Rocha Alterada) e R (Rocha sã). Na classificação geológica é utilizada a rocha dominante. No caso de haver mais de uma litologia dominante no material do substrato, adotam-se siglas destas litologias em letras minúsculas separadas por vírgulas (HIGASHI, 2002).

A **Figura 2** apresenta o fluxograma das etapas desde o levantamento dos dados até a conclusão do mapa geotécnico preliminar.




**Figura 2** – Fluxograma do método de trabalho

O levantamento dos dados preliminares ou préexistentes é etapa essencial para o adequado desenvolvimento do trabalho, haja vista que a acurácia e detalhamento desejado estão diretamente relacionados à qualidade dos dados de entrada (*input*). Portanto, para a área de estudo, os mapas de pedologia, geologia e limites físicos foram extraídos do Sistema de Gerenciamento Costeiro, desenvolvido pela Secretaria do Estado de Desenvolvimento e Integração ao Mercosul (SDE/SC), Diretoria de Geografia, Cartografia e Estatística (DEGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Em relação às escalas, o pedológico (1:100.000), o geológico (1:100.000) e o limite municipal (1:500.000).

Após o levantamento e coleta dos dados préexistentes, partiu-se para as etapas de avaliação e tratamento dos mesmos. Estes dados, em formato digital (*.shp*) vetorizados, foram inseridos no *software* ArcGIS 10.8 (ArcMap), e, a partir da análise das tabelas de atributos contidos em cada um deles, foi possível triar apenas as tabelas que continham o nome do solo e rocha (pedologia e geologia), nomeando os mesmos segundo os padrões definidos em Davison Dias (2001), com as letras seguindo a Figura 1 (maiúscula e minúsculas).

Por meio da ferramenta (*tool*) de intersecção (*intersect*), estas duas camadas foram sobrepostas a fim de delimitar as unidades geotécnicas. O limite municipal serviu para delimitar a perímetro da cidade. Vale ressaltar que estes foram utilizados no sistema de referência geodésico horizontal (Sistema Universal Transverso de Mercator – *UTM*), na zona 22S, utilizando-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas datado em 200, SIRGAS 2000.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa pedológico (**Figura 3**) e geológico (**Figura 4**) foram tratados por meio do software ArcGIS 10.8 e estão apresentados a seguir.

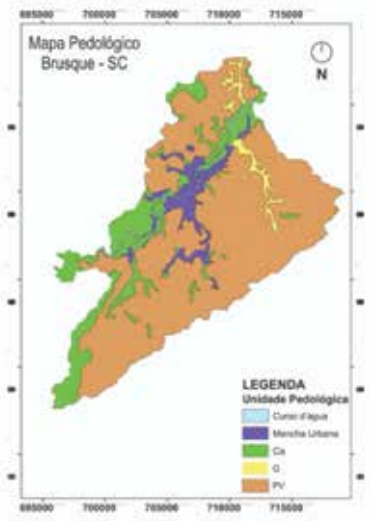



**Figura 3** – Mapa pedológico de Brusque (SC) Pode-se notar três grandes classes pedológicas em toda a extensão do município. A classe PV (Podzólico Vermelho-Amarelo) lidera o *ranking* em extensão com 205,04 km$^2$, seguindo com o C (Cambissolo) em uma área de 51,29 km$^2$ e por fim, ao nordeste do município o G (Glei Solo) com 7, 04 km$^2$.

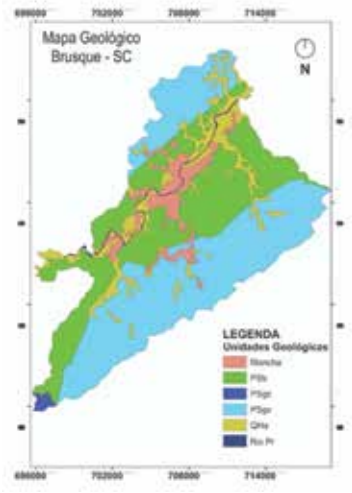



**Figura 4** – Mapa geológico de Brusque (SC)

É visto que a litologia predominante no município se dá por PSgv (granito porifirítico) com 132,57 km$^2$ e por Psb (filitos e xistos) com 99,98 km$^2$. Seguindo a ordem, encontram-se no subleito rochoso na região sudeste, PSgc (granulitos) em 1,72 km$^2$, na parte mais baixa da cidade, onde percorre o rio principal, o QHa (sedimentos quartenários) com 33,27 km$^2$.

A partir da intersecção destes dois mapas, seguindo a metodologia elencada, pode-se delimitar o mapa geotécnico preliminar, de acordo com a **Figura 5**.

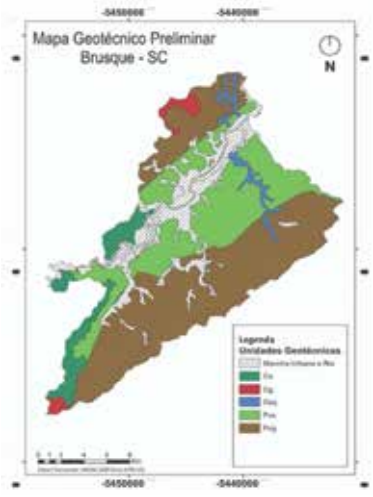



**Figura 5** – Mapa geotécnico preliminar de Brusque (SC)

Diante disto, pode-se verificar a predominância de duas grandes unidades geotécnicas, PVx (Podzólico Vermelho-Amarela substrato Filitos e Xistos) concentrada na região urbanizada da cidade, com uma área total de 77,52 km$^2$, seguindo pelo PVg (Podzólico Vermelho-Amarelo substrato Granito) com a maior área em 129,52 km2. Após tem-se o Cx (Cambissolo substrato xistos e filitos) com 18,74 km$^2$, Csq (Cambissolo substrato sedimentos quarternários) em 44,11 km$^2$ circulando uma das ramificações do rio principal, o Gsq (Glei substrato sedimentos quarternários) 23,44 km$^2$ e o Cg (Cambissolo substrato Granito) com 3,12 km$^2$.

## CONCLUSÕES

O meio físico é uma base que deve ser estrategicamente analisada no âmbito do planejamento urbano e regional. Para isto, as cartas geotécnicas servem como instrumentos de planejamento e gestão territorial, norteadores para análises pontuais e catalizadoras nas tomadas de decisão.

O presente trabalho, por meio do desenvolvimento de um mapa geotécnico segundo preceitos de Dias (1995) afirma-se como uma ferramenta preliminar, que poderá servir como base nos futuros estudos geológicos-geotécnicos da região, haja vista a importância da inserção de ensaios, de forma a criar um banco de dados, e consequentemente enriquecer os resultados deste tipo de cartografia.

Cabe salientar que os objetivos propostos foram atingidos, tendo em vista que os mesmos abarcariam a geoespacialização dos tipos de solos e suas dimensões dentro do perímetro municipal.

Sugere-se como aprofundamento do estudo, a estruturação de um banco de dados geotécnicos, provenientes de laudos técnicos (sondagens SPT, Cisalhamento Direto, Granulometria, MCT, BHST, entre outros.), como análises do solo *in loco*, de forma a validar o modelo proposto e qualificar os diversos tipos de solo para as demandas que a cidade necessita (frentes de expansão, ocupação em áreas de risco, etc.). Analisar as áreas de risco mapeadas pela CPRM e especializa-las dentro do mapeamento geotécnico poderá servir de análise para a quantificação dos tipos de solos mais suscetíveis aos deslizamentos de terra.

Por fim, destaca-se que o trabalho desenvolvido contribui para fundamentar as ações de planejamento, frentes de expansão, e gestão do uso do solo de Brusque (SC), à medida que o mesmo contempla a espacialização dos variados tipos de substratos presentes no local.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, P. S.; FERREIRA, M. Q. A cartografia geológico-geotécnica aplicada à geotecnia. Exemplos de aplicação em Portugal. **Memorias de la Real Sociedad Española de História Natural**, n. 14, p. 193-208, 2017.

BETIATTO, Pâmela *et al.* USO DE UM BANCO DE DADOS NA ESTIMATIVA DO RECALQUE DE ARGILAS MOLES DE FLORIANÓPOLIS/SC.

CARAMEZ, Manolo Lima; DOS REIS HIGASHI, Rafael Augusto. Utilização de técnicas de geoprocessamento através de um SIG para a estimativa de características mecânicas dos solos do município de Florianópolis. **15º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba**, 2011.

DIAS, R. D. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. esp, p. 51-55, 1995.

EL AAL, A. A.; MASOUD, A. A. Geotechnical Mapping of Najran Soils for Safe Urban Expansion,

Najran Region, Saudi Arabia. **Geotech Geol Eng**, v. 36, 2018.

HEIDEMANN, Marcelo. Mapa Geotécnico de Potencial Erosivo de uma Área de Expansão Urbana de TubarãoSC. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 2014.

HIGASHI, Rafael Reis; BIM, Rodrigo. Mapeamento geotécnico de áreas de risco através de sistemas de informações geográficas e simulações computacionais no município de Palhoça. **Cadernos Acadêmicos**, v. 2, n. 1, p. 46-52, 2010.

HIGASHI, Rafael Reis. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Utilização de um SIG no desenvolvimento de um banco de dados geotécnicos do norte do estado do Rio Grande do Sul. Florianópolis, 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de PósGraduação em Engenharia Civil.

MASOUD, A. A. Geotechnical site suitability mapping for urban land management in Tanta District, Egypt. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 9, n. 5, p. 340, 2016.

MASSOCCO, Narayana Saniele. Interpretação preliminar da geologia e pedologia do Município de Gaspar [SC] para a formação de um mapeamento geotécnico. **Labor E Engenho**, v. 13, p. e019006e019006, 2019.

ROSOLEM, Gabriel Phelipe Nascimento et al. A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS PARA ANÁLISE DE DESLIZAMENTOS TRANSLACIONAIS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MODELO SHALSTAB. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, 2017.

RUIZ JUNIOR, L. D.; OLIVEIRA, R. C. de. Áreas Protegidas e Expansão do Uso da Terra no Litoral Norte do Estado de São Paulo. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 48, p.48-59, 2013.

SBROGLIA, Regiane Mara; HIGASHI, ARA. Mapeamento geotécnico preliminar de áreas suscetíveis a movimentos de massa na microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 16, p. 9300-9307, 2013.

VALENTE, Antônio Luís Schifino et al. Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão laminar devido a fatores naturais: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS). 2001.

VALENTE, Antônio Luís Schifino; BASTOS, Cezar Augusto Burkert; HOOD, Carlos Sidney dos Santos Scott. Integração de dados no meio digital para a estimativa de unidades geotécnicas em zonas costeiras: o caso do município de São José do Norte (RS), Brasil. 2004.

XAVIER, S. C.; BRESSANI, L. A. Progressive Mapping and Urban Growth: The Construction of Urbanization Suitability Map of Pelotas-Southern Brazil. **Soils and Rocks**, v. 42, n. 2, p. 99-116, 2019.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Levantamento Pedológico Detalhado da Bacia do Arroio Sepultura, Caxias do Sul-RS

Volnei Dal Bosco[1]; Bruna Fochezatto Forte[2]; Luana Tonetta[2]; Rossano Belladona[3]; Tiago De Vargas[4]; Elvio Giasson[5]

[1] Engenheiro Agrônomo do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), Rua Nestor Moreira, 719, Caxias do SulRS, CEP 95052-500, vdalbosco@samaecaxias.com.br; [2] Graduanda do curso de Agronomia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS); [3] Engenheiro Ambiental do SAMAE e Doutorando pela UFRGS; [4] Geólogo e Pesquisador do SAMAE; [5] Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

## INTRODUÇÃO

As funções exercidas pelo solo relacionadas ao crescimento da vegetação, ao armazenamento de água, à atenuação da dispersão de compostos indesejados e sua interação com as águas subterrâneas motiva a busca pela compreensão de sua distribuição espacial e classificação. Lepsch (2010) acrescenta que, dentre os recursos naturais, o solo é de relevante importância para a produção de grande parte dos nossos alimentos e é fonte reguladora da disponibilidade de água nos mananciais. Quanto a esta última função, torna-se imprescindível gerar mapas pedológicos com detalhamento compatível com as avaliações e modelos hidrológicos, visando uma melhor previsão das descargas em arroios e rios. As unidades de mapeamento dos solos (UMs), que possuem posições e relações definidas na paisagem (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007), representam graficamente a ocorrência e distribuição das classes taxonômicas de solos (KÄMPF et al., 2004). Entretanto, os mapas disponíveis no Brasil estão em escalas pequenas (e.g. 1:750.000 ou menores) ou com UMs compostas de associações ou complexos de solos, o que dificulta estudos que demandam informações mais detalhadas.

A gestão dos recursos hídricos para o abastecimento de água do Município de Caxias do Sul (RS), requer um conhecimento detalhado das bacias hidrográficas destinadas ou previstas como de captação e abastecimento para o município. A bacia do Arroio Sepultura é uma destas bacias de captação que fazem parte dos estudos hidrológicos que avaliam a disponibilidade hídrica para o município. Esta bacia situa-se em região de cabeceira da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari/Antas, que ocupa uma área de 43,66 km$^2$ (localização do seu exutório: UTM 22S 515.693, 6.793.649, Datum SIRGAS2000). O ambiente geológico na bacia é constituído por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, classificadas como ácidas das unidades Caxias e Várzea do Cedro (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2006). A região na qual a bacia está inserida integra a Região Geomorfológica Planalto das Araucárias, na Unidade Geomorfológica Planalto dos Campos Gerais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1986). O clima é classificado como subtropical

muito úmido com invernos frios e verões frescos, apresentando temperatura média anual entre 14 e 17°C; a temperatura média do mês mais frio oscila entre 8 e 14°C e a do mês mais quente varia entre 17 e 23°C (ROSSATO, 2011).

Mapas pedológicos para avaliações hidrológicas em escalas maiores (e.g. 1:20.000), cujas UMs sejam simples inexistem para o município, o que motivou a elaboração deste estudo. O Mapa Exploratório de Solos na escala 1:1.000.000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1986) mostra que a área de estudo é composta em sua maioria por Cambissolos Húmicos Alumínicos típicos e uma pequena área de Argissolos Vermelhos Alumínicos típicos. Baseado no mapeamento realizado por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1973), na escala 1:750.000, os solos da região da bacia do Arroio Sepultura foram classificados como Cambissolos Húmicos Alumínicos. Já o estudo em escala mais detalhada (1:50.000) elaborado por Flores et al. (2007) mapearam quatro associações de solos nesta região: Cambissolos Húmicos Tb Alumínicos típicos + Neossolos Litólicos Húmicos típico; Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos + Neossolos Litólicos Distróficos típicos; Nitossolos Brunos Distróficos argissólicos + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos; e Neossolos Litólicos Distróficos típicos + Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos + afloramentos rochosos. Embora existam estas informações pedológicas, nenhuma apresenta uma discriminação dos solos e distribuição de tipos de solos suficientemente detalhada para os estudos hidrológicos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar um levantamento de solos em escala compatível com estudos hidrológicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A primeira relação solo-paisagem para a elaboração do modelo conceitual da relação entre solos e paisagem foi feita através do uso da estereoscopia das aerofotos de 1988, na escala de 1:20.000, pertencentes a Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, momento em que foram identificadas as áreas úmidas e áreas com afloramentos rochosos. As demais relações foram delineadas com as aerofotos e imagens de 2011 do satélite Geoeye, utilizando o software ArcGIS 10.6, separando as áreas sem afloramentos e as com pequenos afloramentos.

A etapa de campo consistiu em observações em taludes de estradas, lavouras e de pontos extras de observações com o uso de tradagem. A partir do estabelecimento das relações solo-paisagem foi estabelecida a legenda para o mapa de solos. A descrição morfológica e a coleta de amostras dos perfis modais das classes taxonômicas identificadas na área foram realizadas de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo a Campo (SANTOS et al., 2015). Foram descritos 27 perfis modais e 197 pontos extras (0,045 observações/ha).

As análises físicas e químicas das amostras de solo foram efetuadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade de Caxias do Sul. Foram realizadas análises granulometrias para a determinação da percentagem de areia, silte e argila pelo método do densímetro de Bouyoucos; análises químicas de cátions trocáveis $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$, $K^{+}$, acidez extraível ($H^{+}+Al^{+3}$); acidez trocável ($Al^{+3}$); pH em água; matéria orgânica; e fósforo. Com os resultados obtidos, calculou-se a soma de bases (S), a capacidade de troca de cátions (T), a saturação de bases (V) e a saturação por alumínio. Além das relações $Ca^{+2}/Mg^{+2}$, $Ca^{+2}/K^{+}$ e $Mg^{+2}/K^{+}$, a Matéria Orgânica foi determinada por digestão úmida com dicromato, P e $K^{+}$ extraídos pelo método de Mehlich-[1].

Os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013) até o segundo nível categórico, constituindo as classes taxonômicas de solos. O mapa de solos foi produzido na escala 1:20.000, e está disponível sob solicitação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos foram classificados como Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos, Gleissolos Háplicos, Cambissolos Húmicos e Nitossolos Brunos. Os Cambissolos (Figura 1A e 1B) têm profundidade variando de pouco profunda (<1,0 m) a profunda (>1,5 m), geralmente são bem drenados e apresentam perfis com uma sequência de horizontes A-Bi-C. Os Neossolos (Figura 1C) são rasos (≤0,50 m), apresentando perfis com uma sequência de horizontes A-R ou A-Cr-R, e ocorrem predominantemente nas regiões acidentadas do relevo. Os Gleissolos (Figura 1D) da bacia são solos pouco profundos (<1,0 m) a profundos (1,5 m) e frequentemente encharcados, de cor cinzenta e ocorrendo junto aos banhados característicos da região dos Campos Gerais. Finalmente, os Nitossolos (Figura 1E) apresentam uma textura muito argilosa e ligeira pedregosidade e de profundidade superior a 1,50 m, com cerosidade moderada.

A análise da relação solo-paisagem na bacia do Arroio Sepultura demonstrou que os Gleissolos ocorrem nas partes baixas e planas da topografia, associados com a presença de áreas de banhados com água estagnada em grande parte do ano; os Neossolos ocorrem nas áreas de relevo de maior declividade, principalmente em ombro divergente das encostas e na porção mais baixa da bacia, próximo aos cursos d'água; e os demais solos nas partes altas de pouca declividade e terço médio das encostas (Figura 2).

Em função da escala de trabalho (1:20.000) e da complexidade da ocorrência dos solos na paisagem, as classes taxonômicas de solos identificadas no levantamento pedológico da bacia do Arroio Sepultura foram 103 delineamentos de solos agrupados em 6 classes que formaram unidades de mapeamento simples (Figura 3). Os solos de maior ocorrência são Cambissolos Háplicos, (70,5% da área), Neossolos Litólicos (18,7%), Gleissolos Háplicos (6,7%), Cambissolos Húmicos (3,9%) e Nitossolos Brunos (0,2%). A Tabela 1 apresenta as UMs na bacia do Arroio Sepultura, conforme sua respectiva classe taxonômica do solo. Em algumas UMs observa-se a ocorrência de inclusões, isto é, de solos pertencentes a outras classes taxonômicas não mapeáveis na escala do presente levantamento; área equivalente que cada UM, dada em hectares, e respectiva percentagem.

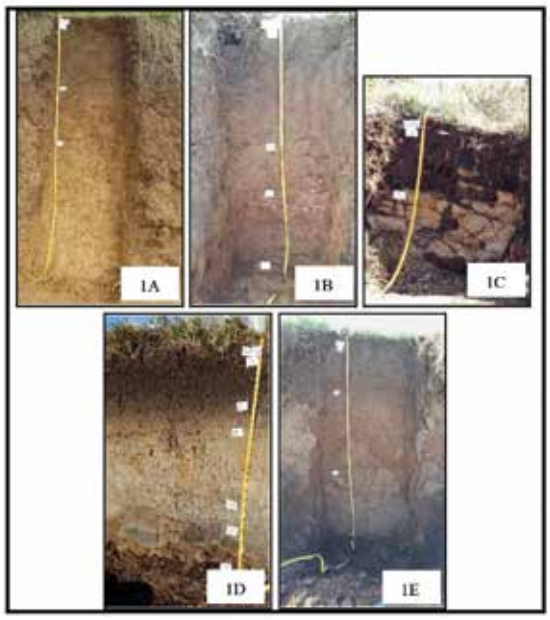



**Figura 1.** Perfis de solos ocorrentes na bacia do Arroio Sepultura (1A: Cambissolos Háplicos; 1B: Cambissolos Húmico; 1C: Neossolos; 1D: Gleissolos; 1E: Nitossolos).

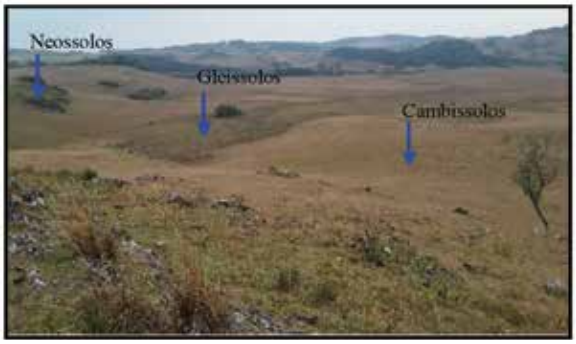



Figura 2. Relação solo-paisagem típica da bacia do Arroio Sepultura, na região geomorfológica do Planalto das Araucárias, unidade Campos Gerais.

## CONCLUSÕES

A elaboração deste mapa pedológico, em escala de detalhe, permitiu classificar tipos de solos em unidades simples de mapeamento. A definição destas unidades e a distribuição das mesmas na paisagem amplia o conhecimento sobre a pedologia da bacia do arroio Sepultura, que é uma variável essencial para a compreensão do comportamento hidrológico. Além de contribuir diametralmente a este entendimento, também poderá auxiliar na elaboração de modelagens hidráulicas e hidrológicas, em estudos da capacidade de uso dos solos, bem como na gestão das atividades agrícolas e pecuárias.

Tabela 1. Identificação das UMs na área de estudo.

| UM | Descrição | Inclusões | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|---|
| CX1 | Cambissolos Háplicos | RL | 698,7 | 16,0 |
| CX2 | Cambissolos Háplicos | RL, AR | 2.380,9 | 54,5 |
| CH | Cambissolos Húmicos | AR | 169,1 | 3,9 |
| GX | Gleissolos Háplicos | N.D | 294,7 | 6,7 |
| NB | Nitossolos Brunos | N.D | 8,8 | 0,2 |
| RL | Neossolos Litólicos | AR, C | 815,2 | 18,7 |

C = Cambissolos; AR = Afloramento de Rocha; RL = Neossolos Litólicos. N.D = Não Detectada.

## REFERÊNCIAS

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2006 [Acessado em: 18 set. 2020]. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/ publique/ media/geologia_basi ca/cartografia_regional/ mapa_rio_grande_sul.pdf.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife: EMBRAPA; 1973.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: EMBRAPA; 2013.

Flores CA, Pötter O, Fasolo PJ, Hasenack H, Weber EJ (org.). Levantamento semidetalhado de solos: Região Serra Gaúcha - Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Projeto RADAMBRASIL: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Vol. 33, Rio de Janeiro: IBGE; 1986.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manual técnico de pedologia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2007.

Kämpf N; Giasson E; Streck EV. Levantamento pedológico e análise qualitativa do potencial de uso dos solos para o descarte de dejetos suínos da bacia do Rio Santo Cristo – Relatório final. Porto Alegre: Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul; 2004.

Lepsch IF. Formação e conservação dos solos. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Rossato MS. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia [Tese]. Porto Alegre: UFRGS/PPGEA; 2011.

Santos RD, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC, Shimizu SH. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo; 2015.

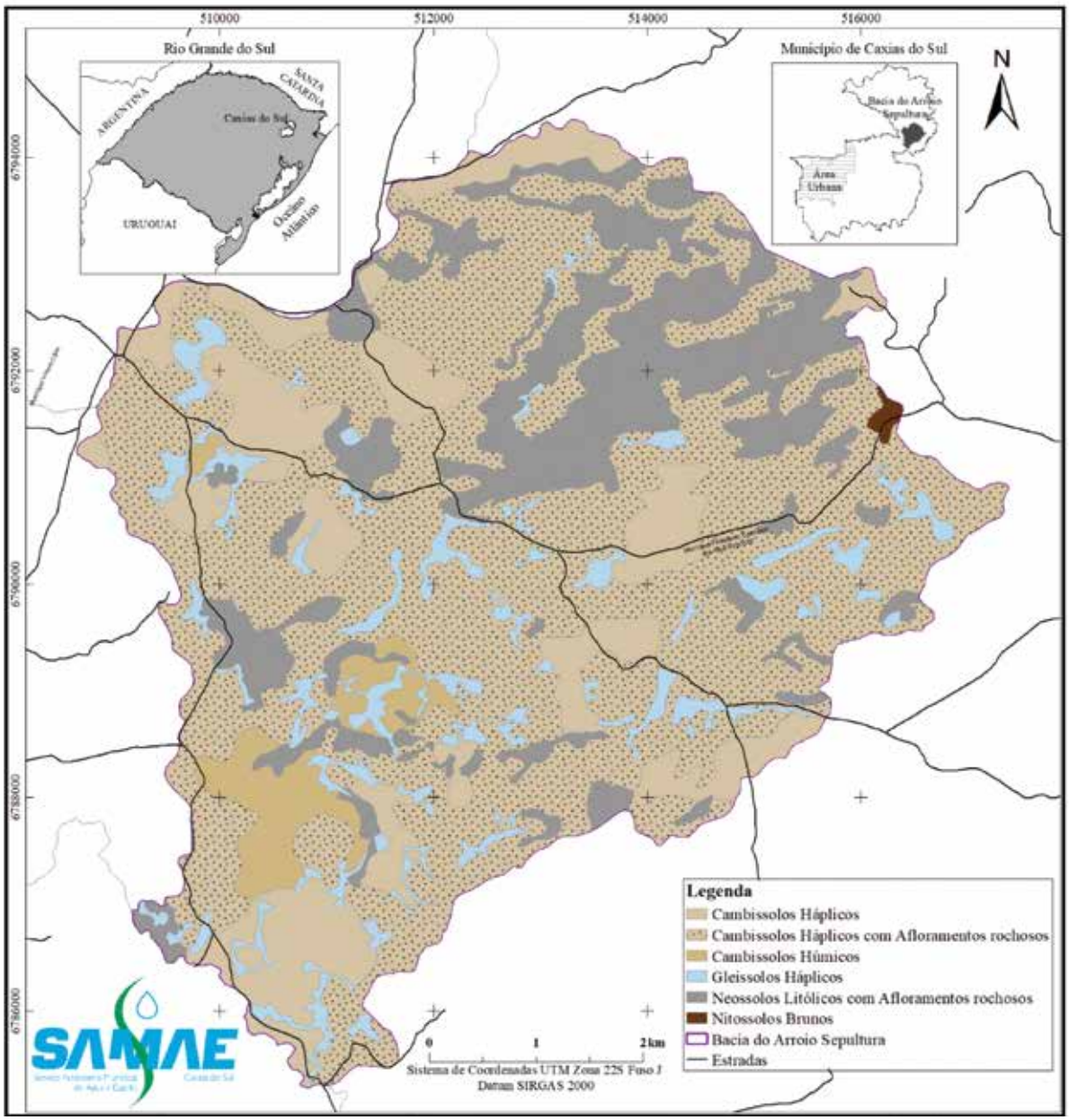



Figura 3. Mapa pedológico da bacia do Arroio Sepultura, Caxias do Sul - RS.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Morfologia e Classificação dos Solos da Rota das Salamarias

Carla Juliana Maciel[1]; Rafaela Berta Sandri[2] Ricardo Casagrande[2]; Rosa Maria Grosselli Canton[2]; Luana Dalacorte[3]

[1] Acadêmica do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau, Av. Julio Borella, 1968, Centro, Marau - RS, 99150-000, carlamaciel@cesurg.com; [2]Acadêmico do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau; [3]Docente do Curso de Agronomia, Faculdade Cesurg Marau.

## INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de grande relevância para a produção de alimentos, assim, torna-se fundamental conhecer suas propriedades fisícas, químicas e morfológicas para sua manutenção. Constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas, o solo é uma coleção de corpos naturais, tridimensional, dinâmico, formado por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem, eventualmente, são modificados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018).

Na classificação da capacidade de uso do solo, há maior interesse em considerar grupos de características e de propriedades do que considerá-las isoladamente. Com isso, se torna importante conhecer as classes de solo presentes em determinada região, as mesmas são distinguidas por grande número de características e propriedades, que podem influir em importantes aplicações práticas. Uma característica ou propriedade pode depender de outra, tornando necessário conhece-las em conjunto (BELLINAZZI et al., 1983).

A Rota da Salamarias é um importante ponto turístico da região norte do RS, localizada no município de Marau, tendo como base atividades desenvolvidas pela agricultura familiar, por exemplo, o cultivo de erva-mate, cana-deaçúcar, plantas frutíferas e grãos, além de desenvolver a atividade leiteira, originando os produtos coloniais comercializados pelos produtores rurais. A Rota ainda disponibiliza trilhas ecológicas e produz artesanato de madeira, palha de trigo e milho, sendo que todas as atividades utilizam o solo como base. Porém, não são conhecidas as classes de solo que compõem a rota, dificultando as recomendações técnicas para o cultivo agrícola. Desta forma, o objetivo do estudo é identificar as classes de solo presentes na Rota das Salamarias, fornecendo informações para o uso e a aptidão dos solos locais e regionais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Marau/RS, no mês de setembro de 2019, especificamente na Rota das Salamarias, originada pela união de vários proprietários rurais e empreendedores em turismo que passaram a discutir a implantação e a organização do turismo rural nas comunidades de Nossa Senhora do Carmo,

São Luiz da Mortandade e Taquari, nasceu, em junho de 2008, a Associação Rota das Salamarias.

Para a classificação do solo foram descritos seis perfis de solo, os mesmos foram definidos a cada 100 metros de distância entre eles no decorrer de toda a rota seguindo a estrada principal. Inicialmente realizou-se o registro das coordenadas geográficas, descrição da paisagem e limpeza do perfil, após mediu-se a altura do perfil, divisão de horizontes e determinação da espessura horizonte, as quais foram identificadas e enviadas para o laboratório para análises morfológicas. As avaliações realizadas no laboratório foram: estrutura, cor, pegajosidade, plasticidade, cerosidade e textura. Para a descrição morfológica do solo foi utilizado o manual técnico de campo (IBGE, 2015) e a caderneta de Munsell. A classificação do solo foi realizada até o segundo nível categórico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018).




**Figura 1.** Determinação da profundidade dos seis perfis de solo da Rota das Salamarias – Marau/RS, 2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição morfológica dos seis perfis avaliados indica que a Rota das Salamarias é composta por Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Nitossolo Vermelho.

O perfil 1 localizado nas coordenadas -28,4361127, -52,2407567, apresentou solo sem pedregosidade, com presença de azevém (*Lolium multiflorum*) no momento da coleta, relevo regional e local levemente ondulado. O perfil 1 apresentou profundidade de 160cm, o horizonte B apresentou espessura de 79 cm+, com estrutura granular e em blocos, vermelho escuro, consistência ligeiramente pegajosa, plástica e cerosidade ausente (**Tabela 1**), relação silte/argila de 0,7 e relação textural B/A de 1,5 (**Tabela 2**), atendendo os critérios para classificação de Latossolo Vermelho.

O perfil 2 localizado nas coordenadas -28,4282818, -52,2447733, apresentou solo sem pedregosidade, com presença de azevém (*Lolium multiflorum*), com relevo local levemente ondulado. O perfil 2 apresentou profundidade de 280 cm, o horizonte B apresentou espessura de 190 cm+, com estrutura granular e em blocos, coloração vermelho escuro, consistência ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica e com cerosidade forte e abundante (**Tabela 1**), relação silte/argila de 0,4 e relação textural B/A de 1,0 (**Tabela 2**), atendendo os critérios de classificação para Nitossolo Vermelho.

O perfil 3 localizado nas coordenadas -28,4217377,-52,2430020, apresentou ser um solo pedregoso, vegetado por aveia-branca (*Avena sativa*), com relevo ondulado, sendo que este perfil não apresentou horizonte B. O perfil 3 apresentou profundidade de 20 cm, onde o horizonte A se apresenta diretamente sobre a rocha pouco alterada, com contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo, caracterizando um Neossolo Litólico.

O perfil 4 localizado nas coordenadas 28,4128301, -52,2393810, apresentou ser um solo sem pedregosidade, com presença de azevém (*Lolium multiflorum*) e relevo local ondulado. O perfil 4 apresentou profundidade de 210 cm, o horizonte B apresentou espessura de 160 cm+, com estrutura granular e em blocos, coloração vermelho escuro, consistência ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica e com cerosidade forte e abundante (**Tabela 1**), relação silte/argila de 0,5 e relação textural B/A de 1,0 (**Tabela 2**), atendendo os critérios de classificação para Nitossolo Vermelho.

O perfil 5 localizado nas coordenadas -28,4074276, -52,2367612, solo sem pedregosidade, com presença de azevém (*Lolium multiflorum*), apresenta relevo local plano. O perfil 5 apresentou profundidade de 160 cm, horizonte B de 130 cm+, com estrutura granular e em blocos, coloração vermelho muito escuro, consistência ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica e sem cerosidade (**Tabela 1**), relação silte/argila 0,4 (**Tabela 2**), e relação textural de 1,0, caracterizando Latossolo Vermelho.

O perfil 6 localizado nas coordenadas -28,4029656, -52,2390977, solo sem pedregosidade, sendo área de mata nativa com relevo plano. O perfil 6 apresentou 210 cm, horizonte B com espessura de 100 cm+, estrutura granular, coloração vermelho escuro, consistência ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica e com cerosidade forte e abundante (**Tabela 1**), relação silte/argila 0,4 e com relação textural de 1,0 (**Tabela 2**), caracterizando Nitossolo Vermelho.

Latossolos em função de suas propriedades químicas e condições de relevo possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química, aptos para frutíferas, pastagens e culturas anuais de inverno e de verão, exigindo práticas conservacionistas adequadas, como por exemplo, plantio direto intercalado com plantas recuperadoras como aveia, ervilhaca e nabo forrageiro, com terraceamento e canais escoadouros protegidos (STRECK., et al 2018).

Em função de suas propriedades físicas (profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis, bem estruturados) e condições de relevo, os Nitossolos geralmente possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química, podem ser utilizados com frutíferas e culturas de inverno e verão, de acordo com o clima regional, seguindo as práticas conservacionistas indicadas nos Latossolos (STRECK et al., 2018).

Os Neossolo Litólicos, com consequência do horizonte A-R, devido a pouca profundidade efetiva para o desenvolvimento das raízes e para o armazenamento de água e também por ocorrerem em regiões de revelo forte ondulado e montanhoso, em geral com pedregosidade e afloramentos de rochas, apresentam fortes restrições para culturas anuais, em consequência disso, devem ser mantidos sob preservação permanente (STRECK et al., 2018).

## CONCLUSÕES

Os solos que compõem a Rota das Salamarias são classificados como Nitossolo Vermelho (49,5%), Latossolo Vermelho (34%) e Neossolo Litólico (16,5%).

Os Nitossolos e Latossolos são solos profundos, devido as suas caracterísiticas físicas, são recomendados para culturas anuais e perenes desde que sua fertilidade química seja corrigida. Os Neossolos são solos rasos, apresentando restrições físicas para o cultivo agrícola, devendo ser mantido como área de preservação permanente.

O conhecimento das classes de solo e sua aptidão permite o uso do solo de forma mais eficiente. A identificação das classes de solo de regiões agrícolas possibilita recomendações técnicas conservacionistas adequadas e manejo que atenda as necessidades específicas de cada propriedade rural.

## REFERÊNCIAS

Bellinazzi R, Bertolini D, Espíndola CR, Lepsch IF Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

Instituto Brasileiro de Grografia e Estatística – IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de pedologia - 3. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2015. 430 p. - : il. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; in. 4).

Santos HG. Sistema Brasileiro de Classificação dos solos. In: 5º edição revisada e ampliada; 2018; Distrito Federal: Embrapa.

Streck EV. Solos do Rio Grande do Sul. In: 3º edição revisada e ampliada; 2018; Porto Alegre: Emater/RS- Ascar.

**Tabela 1.** Descrição morfológica de seis perfis de solo na Rota das Salamarias.

| Perfil-HZ | Espessura | Estrutura | Cor | Pegajosidade | Plasticidade | Cerosidade |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-A | 0 - 42cm | Blocos/Granular | 7,5R 2,5/3 | Ligeiramente pegajosa | Plástica | Ausente |
| 1-AB | 42 - 81cm | Blocos/Granular | 10R 3/3 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Ausente |
| 1-B | 81-160+cm | Blocos/Granular | 10R 3/3 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Ausente |
| 2-A | 0 - 20cm | Blocos/Granular | 2,5YR 3/4 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Forte/Abundante |
| 2-BA | 20 - 90cm | Blocos/Granular | 10R 3/3 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Forte/Abundante |
| 2-B | 90-280+cm | Blocos/Granular | 10R 3/3 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Forte/Abundante |
| 4-A | 0 - 50cm | Blocos/Granular | 10R 3/3 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Forte/Abundante |
| 4-B | 50-210+cm | Blocos/Granular | 10R ¾ | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Forte/Abundante |
| 5-A | 0 - 30cm | Blocos/Granular | 2,5YR 2,5/2 | Ligeiramente pegajosa | Ligeiramente plástica | Ausente |
| 5-B | 30-160+cm | Blocos/Granular | 2,5YR 2,5/3 | Pegajosa | Plástica | Ausente |
| 6-A | 0-60cm | Granular | 10R 3/4 | Pegajosa | Plástica | Forte/Abundante |
| 6-AB | 60-120cm | Granular | 10R 3/4 | Pegajosa | Plástica | Forte/Abundante |
| 6-B | 120-210+cm | Granular | 10R 3/4 | Pegajosa | Plástica | Forte/Abundante |

Tabela 2. Textura dos perfis na Rota das de seis perfis de solo na Rota das Salamarias.

| Perfil | Horizonte | Areia | Silte | Argila | Relação Silte/Argila | Relação textural B/A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | g kg$^{-1}$ | | | |
| 1 | A | 160 | 530 | 310 | - | - |
| | B | 150 | 370 | 480 | 0,7 | 1,5 |
| 2 | A | 150 | 230 | 620 | - | - |
| | B | 60 | 300 | 640 | 0,4 | 1,0 |
| 3 | A | 70 | 310 | 620 | - | - |
| 4 | A | 90 | 300 | 610 | - | - |
| | B | 70 | 310 | 620 | 0,5 | 1,0 |
| 5 | A | 170 | 210 | 620 | - | - |
| | B | 100 | 270 | 630 | 0,4 | 1,0 |
| 6 | A | 180 | 270 | 550 | - | - |
| | B | 120 | 280 | 600 | 0,4 | 1,0 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Predição de Atributos do Solo por Susceptibilidade Magnética em Diferentes Litologias do Rio Grande do Sul

Priscila Vogelei Ramos[1]; Alberto Vasconcellos Inda[2]; Keyrauan Taha[3]; Tatiele Fruett dos Santos[1]; Edsleine Ribeiro Silva[4]; Estéfane Chaves[1]

[1]Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Departamento de Solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, 91540-000, priscilav.ramos@yahoo.com.br; [2]Professor Titular, Faculdade de Agronomia, UFRGS; [3]Graduanda em Agronomia, UFGRS; [4]Doutoranda em Ciência do Solo, UFRGS.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento dos solos subtropicais e seu potencial agrícola são de interesse global. Na exploração consciente dos recursos do solo, mapas detalhados deste e a interpretação de seus atributos tornam-se importantes para orientar o planejamento sustentável.

Para a elaboração de mapas de atributos do solo, geralmente é necessário um número significativo de amostras. Uma das alternativas é o desenvolvimento de metodologias que permitam a previsão dos atributos do solo. Nesse contexto, a susceptibilidade magnética (χ) tem sido explorada, entre outras aplicações, para caracterizar a variabilidade dos atributos do solo, por se tratar de uma tecnologia que não utiliza reagentes químicos, rápida, eficaz e não destrutiva (PINGGUO et al., 2016).

No ambiente, a χ reflete a presença de minerais, especialmente o tipo e o teor de óxidos de ferro, no solo, rochas, poeira e sedimentos (DEARING, 1999; JORDANOVA et al., 2019). A χ é considerada uma técnica importante nas funções de pedotransferência na ciência do solo. Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho do uso da susceptibilidade magnética para a predição de atributos do solo em diferentes litologias do estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 198 amostras provenientes do banco de solos do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, estas que contemplam grande parte do território do RS. As amostras de 0,0 a 0,20 m de profundidade foram coletadas sob floresta e pastagem nativa.

Na fração TFSA do conjunto amostral foi determinada a granulometria pelo método do densímetro, (TEIXEIRA et al., 2017) e o teor de Fe relativo aos óxidos de ferro pedogênicos ($Fe_d$) (MEHRA; JACKSON, 1960). Na fração TFSA moída em almofariz de ágata, a χ foi determinada utilizando 2 $cm^3$ de amostra em um susceptibilímetro MS2 da Bartington em baixa frequência (0,47 kHz) (DEARING, 1999), o matiz e a razão Hm/(Hm+Gt). O matiz foi obtido por meio de espectros na faixa do visível, onde foram aplicadas equações (WYSZECKI; STILES, 1982) e posteriormente, convertidos em matiz. Para a obtenção da razão Hm/(Hm+Gt)*100 também utilizou-se espectros onde foram aplicadas téc-

nicas de contínuo removível (CR) (CLARK; ROUSH, 1984).

As análises de regressão foram realizadas para diferentes conjuntos de litologia: Grupo 1: andesito + basalto; Grupo 2: granito + gnaisse + riodacito; Grupo 3: arenito + conglomerado; Grupo 4: argilito + siltito; Grupo 5: sedimentos costeiros recentes. Para testar o potencial da $\chi$ como preditora dos teores de areia, silte, argila, do matiz, da razão Hm/( Hm + Gt ) e $Fe_d$, em cada grupo de litologia, os dados obtidos foram separados aleatoriamente em dois conjuntos, calibração (75% das amostras) e validação (25% das amostras). Para a avaliação das equações de pedotransferência geradas pela regressão linear, foram considerados os valores do coeficiente de determinação ($R^2$) e a significância ($p < 0.001$). A precisão das estimativas foi verificada por meio do $R^2$ e da raiz do erro quadrático médio (RMSE).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os elevados valores de $\chi$ ($443,9 \times 10^{-7}$ $m^3$ $kg^{-1}$) verificados nos solos do noroeste do estado do RS (Figura 1) estão de acordo com os valores obtidos por Teixeira et al. (2018), em solos desenvolvidos a partir de basalto no sudeste do Brasil. Mello et al. (2020) também encontraram os maiores valores de $\chi$ em solos derivados de rochas máficas, devido à sua constituição ser rica em minerais ferrimagnéticos.

Considerando os grupos de classes de litologia, o grupo representado pelos andesitos e basaltos (G1) apresentou o maior número de atributos significativamente relacionados a $\chi$, seguido pelos arenitos e conglomerados (G3) e argilitos e siltitos (G4) (Tabela 1). Os resultados estão de acordo com os mais altos valores de $\chi$ no norte do estado (Figura 1). No entanto, os valores de $\chi$ apresentaram variações mesmo dentro de um único grupo de litologia (G1). O teor de $Fe_d$ no solo apresentou relação significativa com $\chi$ em todos os grupos formados, seguido do matiz e da razão Hm/(Hm+Gt). Ao contrário do esperado, o teor da fração argila foi relacionado a $\chi$ somente nos grupos um, três e cinco (depósitos costeiros), com valores de $R^2$ menores, embora significativos. O teor de silte foi o único atributo não relacionado com a $\chi$ em todos os grupos. As equações obtidas na calibração foram utilizadas para aplicação no conjunto de dados de validação. Os maiores valores de $R^2$, por grupo, foram verificados na predição do $Fe_d$ no G3 e G4, seguido pelo matiz no G1 e G5 e o teor de argila no G2 (Tabela 2).

A relação entre $\chi$ e teor de $Fe_d$ é explicada pela presença de minerais de óxido de ferro ferrimagnético, principalmente maghemita (DEARING, 1999). A relação do matiz com a $\chi$ é explicada por tipos ou associação de tipos de minerais de óxido de ferro (hematita: 7R - 5YR; maghemita: 2,5YR - 5YR; goetita: 7,5YR - 2,5Y; lepidocrocita: 5YR - 7,5YR; ferridrita: 5YR - 7.5YR) (TORRENT et al., 1983; SCHWERTMANN, 1993). E a relação da $\chi$ com a argila também é explicada por sua composição mineral; em solos tropicais e subtropicais, a maghemita é predominantemente responsável pelo comportamento magnético desta fração (POGGERE et al., 2018).

## CONCLUSÕES

Para os solos do Rio Grande do Sul, agrupados pelo material de origem (litologia), as melhores estimativas dos atributos do solo por susceptibilidade magnética são alcançadas em solos desenvolvidos a partir de rochas ígneas extrusivas.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Clark RN, Roush TL. Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications. J. Geophys. Res. Solid Earth. 1984;89:6329-6340.

Dearing JA. Environmental magnetic susceptibility: using the Bartington MS2 system. 2nd ed. Kenilworth: Chi Publishing; 1999.

Jordanova N, Jordanova D, Barrón V. Wildfire severity: Environmental effects revealed by soil magnetic properties. Land Degrad Dev. 2019;30:2226-2242.

Mehra OP, Jackson ML. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite–citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner. 1960;7:317-327.

Mello DC, Demattê JAM, Silvero NEQ, Di Raimo LADL, Poppiel RR, Mello FAO, Souza AB, Safanelli JL, Resende MEB, Rizzo R. Soil magnetic susceptibility and its relationship with naturally occurring processes and soil attributes in pedosphere, in atropical environment. Geoderma, 2020;372:114364.

Pingguo Y, Byrne JM, Yang M. Spatial variability of soil magnetic susceptibility, organic carbon and total nitrogen from farmland in northern China. Catena. 2016;145:92-98.

Poggere GC, Inda AV, Barrón V, Kämpf N, Brito ADB de., Barbosa JZ, Curi N. Maghemite quantification and magnetic signature of Brazilian soils with contrasting parent materials. Appl. Clay Sci. 2018;161:385-394.

Schwertmann U. Relations Between Iron Oxides, Soil Color, and Soil Formation. In: Bigham JM, Ciolkosz EJ, editors. Soil Color. Madison, WI: SSSA; 1993. p. 51-69.

Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. 3rd ed. Brasília: Embrapa Solos; 2017.

Teixeira DDB, Marques Júnior J, Siqueira DS, Vasconcelos V, Carvalho Jr. OA, Martins ÉS, Pereira GT. Mapping units based on spatial uncertainty of magnetic susceptibility and clay contente. Catena. 2018;164:79-87.

Torrent J, Schwertmann U, Fechter H, Alférez F. Quantitative relationships between soil color and hematite contente. Soil Sci. 1983;136:354-358.

Wyszecki G, Stiles WS. Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1982.

Tabela 1. Parâmetros de regressão separados por grupos de classes de litologia com susceptibilidade magnética.

| Grupos | atributo | equação | $R^2$ | P |
|---|---|---|---|---|
| Grupo 1 (andesito e basalto) | areia (%) | areia = 41,232 - (0,102 * χ) | 0,239 | <0,001 |
| | silte (%) | silte = 23,887 - (0,0007 * χ) | 0,000 | 0,972 |
| | argila (%) | argila = 34,881 + (0,103 * χ) | 0,339 | <0,001 |
| | $Fe_d$ (g $kg^{-1}$) | $Fe_d$ = 24,988 + (0,200 * χ) | 0,403 | <0,001 |
| | matiz YR | matiz = 7,499 - (0,0123 * χ) | 0,547 | <0,001 |
| | Hm/(Hm+Gt) (%) | Hm/(Hm+Gt) = 17,024 + (0,192 * χ) | 0,414 | <0,001 |
| Grupo 2 (granito, gnaisse e riodacito) | areia (%) | areia = 38,496 - (0,046 * χ) | 0,016 | 0,460 |
| | silte (%) | silte = 26,892 + (0,024 * χ) | 0,014 | 0,497 |
| | argila (%) | argila = 34,723 + (0,023 * χ) | 0,009 | 0,581 |
| | $Fe_d$ (g $kg^{-1}$) | $Fe_d$ = 13,173 + (0,195 * χ) | 0,638 | <0,001 |
| | matiz YR | matiz = 8,285 - (0,007 * χ) | 0,193 | 0,007 |
| | Hm/(Hm+Gt) (%) | Hm/(Hm+Gt) = 5,953 + (0,046 * χ) | 0,220 | 0,004 |
| Grupo 3 (arenito e conglomerado) | areia (%) | areia = 61,152 - (0,181 * χ) | 0,088 | 0,112 |
| | silte (%) | silte = 18,726 + (0,005 * χ) | 0,000 | 0,944 |
| | argila (%) | argila = 19,386 + (0,196 * χ) | 0,327 | <0,001 |
| | $Fe_d$ (g $kg^{-1}$) | $Fe_d$ = 5,327 + (0,257 * χ) | 0,717 | <0,001 |
| | matiz YR | matiz = 7,724 - (0,038 * χ) | 0,441 | <0,001 |
| | Hm/(Hm+Gt) (%) | Hm/(Hm+Gt) = 8,569 + (0,521 * χ) | 0,395 | <0,001 |
| Grupo 4 (argilito e siltito) | areia (%) | areia = 58,815 - (0,036 * χ) | 0,000 | 0,974 |
| | silte (%) | silte = 17,968 + (0,226 * χ) | 0,006 | 0,722 |
| | argila (%) | argila = 23,165 + (0,215 * χ) | 0,006 | 0,729 |
| | $Fe_d$ (g $kg^{-1}$) | $Fe_d$ = 3,227 + (0,768 * χ) | 0,620 | <0,001 |
| | matiz YR | matiz = 8,415 - (0,233 * χ) | 0,498 | <0,001 |
| | Hm/(Hm+Gt) (%) | Hm/(Hm+Gt) = 2,253 + (1,894 * χ) | 0,473 | <0,001 |
| Grupo 5 (sedimentos costeiros recentes) | areia (%) | areia = 78,274 - (2,440 * χ) | 0,357 | 0,009 |
| | silte (%) | silte = 8,540 + (0,521 * χ) | 0,145 | 0,119 |
| | argila (%) | argila = 13,911 + (1,877 * χ) | 0,438 | 0,003 |
| | $Fe_d$ (g $kg^{-1}$) | $Fe_d$ = 2,924 + (1,181 * χ) | 0,757 | <0,001 |
| | matiz YR | matiz = 8,552 - (0,042 * χ) | 0,199 | 0,064 |
| | Hm/(Hm+Gt) (%) | Hm/(Hm+Gt) = 3,290 + (0,283 * χ) | 0,260 | 0,031 |

Grupo 1 N=43; Grupo 2 N=36; Grupo 3 N=30; Grupo 4 N=22; Grupo 5 N=18; $Fe_d$: ferro extraído com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio; Hm: hematita; Gt: goethita; χ: suscetibilidade magnética.

Tabela 2. Coeficiente de determinação ($R^2$) e erro quadrático médio (RMSE) estimado a partir da validação externa para as diferentes classes de litologia.

| Atributos | Grupo 1 | | Grupo 2 | | Grupo 3 | | Grupo 4 | | Grupo 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R² | RMSE | R² | RMSE | R² | RMSE | R² | RMSE | R² | RMSE |
| areia | 0,11 | 18,59 | 0,10 | 24,29 | 0,62 | 15,72 | 0,10 | 27,83 | 0,13 | 30,96 |
| silte | 0,00 | 15,18 | 0,01 | 14,39 | 0,19 | 9,51 | 0,02 | 17,40 | 0,26 | 9,10 |
| argila | 0,15 | 14,66 | 0,33 | 16,37 | 0,84 | 14,83 | 0,21 | 12,10 | 0,13 | 10,60 |
| $Fe_d$ | 0,53 | 21,39 | 0,25 | 8,49 | 0,87 | 12,49 | 0,94 | 12,11 | 0,04 | 7,84 |
| matiz YR | 0,66 | 1,09 | 0,01 | 0,65 | 0,04 | 4,54 | 0,48 | 6,33 | 0,48 | 0,24 |
| Hm/(Hm+Gt) | 0,52 | 23,23 | 0,00 | 4,60 | 0,44 | 48,55 | 0,48 | 47,70 | 0,02 | 3,90 |

Grupo 1 N=14; Grupo 2 N=11; Grupo 3 N=9; Grupo 4 N=10; Grupo 5 N=5; $Fe_d$: ferro extraído com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio; Hm: hematita; Gt: goethita.

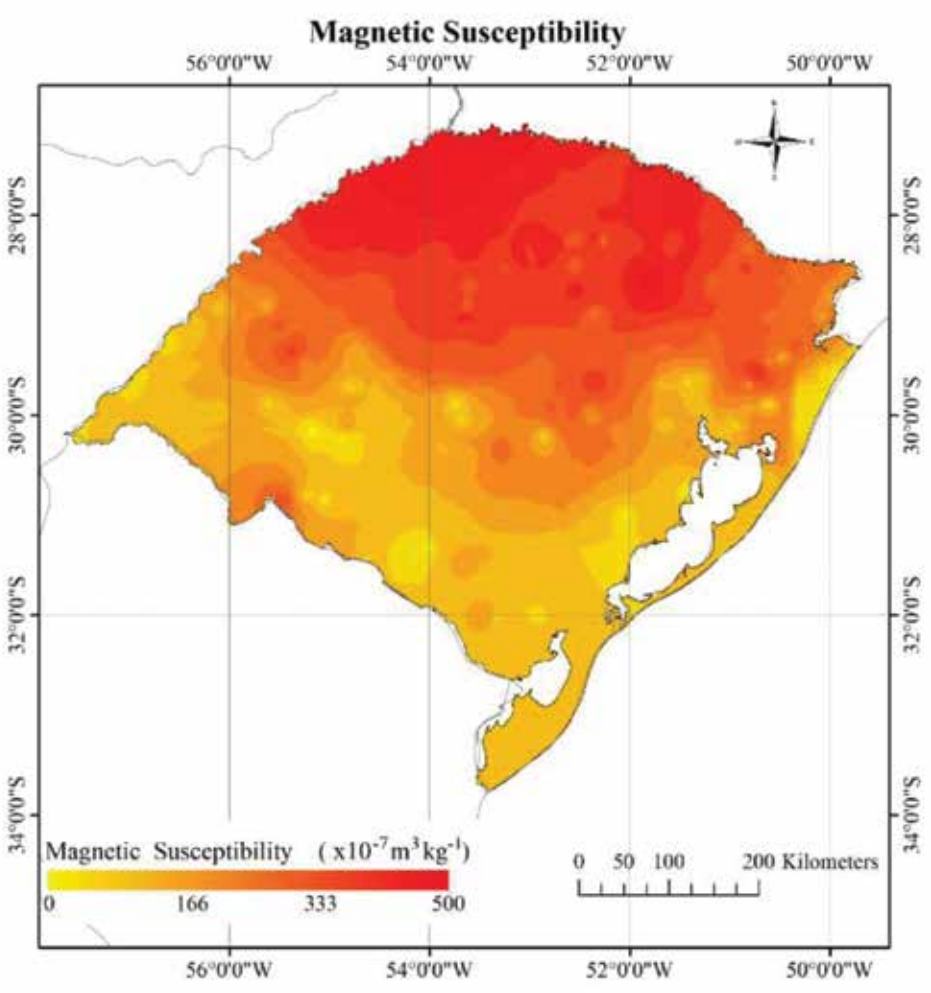



Figura 1. Susceptibilidade magnética de solos selecionados no estado do Rio Grande do Sul.

Seção 6

# Manejo e consrvação do solo e da água



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# A conversão dos campos do Pampa para silvicultura pode alterar os estoques de carbono do solo?

Jéssica Maciel Machado[1]; Carlos Gustavo Tornquist[2]; Jonathas Carvalhedo Johnson[3]

[1]Estudante; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Av. Bento Gonçalves, 7712 -Porto Alegre - RS, 91540-000; jessimm6@gmail.com; [2]Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); [3]Estudante; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);

## INTRODUÇÃO

O bioma Pampa se estende pela Argentina, Uruguai e Brasil, sendo neste último estando presente apenas no Rio Grande do Sul. ocupando aproximadamente 63% do território do estado (SUERTEGARAY; PIRES da SILVA, 2009). O Pampa é composto principalmente por ecossistemas campestres, que apresentam aptidão natural para a pecuária – historicamente esta havia sido a principal atividade desenvolvida na região. Entretanto, nas ultimas décadas tem sido verificadas mudanças de uso das terras, especialmente a conversão dos campos nativos para cultivos anuais ou perenes, como soja e eucalipto. Em um período de dez anos a área com eucaliptos duplicou, passando de 184 mil hectares para 427 mil hectares (AGEFLOR, 2017). Esta rápida expansão de novos cultivos, uso inadequado do solo e invasão de plantas exóticas tem surgido como uma ameaça a conservação e uso sustentável do Pampa (PILLAR et al. 2009).

O Pampa fornece serviços ecossistêmicos importantes, tais como a proteção do solo, conservação de recursos hídricos, mitigação de mudanças climáticas, manutenção da biodiversidade, além de fornecer forragem para a pecuária. (BOLDRINI, 2009; OVERBECK et al. 2009).

Dentre os serviços ecossistêmicos, os campos podem provisionar a retenção e mesmo o acumulo de C, o que é fortemente influenciado pelos sistemas de manejo adotado. O ciclo de C está relacionado a importantes funções e processos químicos físicos e biológicos do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Os campos do Pampa armazenam importantes estoques de C e N (PILLAR et al., 2012).

De outra partem a conversão dos campos nativos para usos mais intensivos, como silvicultura e lavouras anuais podem acelerar a decomposição da MOS, reduzindo os estoques de COS e aumentando as emissões dos gases de efeito estuda (PILLAR et al., 2012).

Em particular, existem lacunas de conhecimento sobre os efetivos impactos da silvicultura sobre a qualidade dos solos do Pampa. Estes ecossistemas, assim como outras formações não-florestais no país, vinham sendo historicamente ignorados, mas a velocidade das transformações recomendam atenção urgente da comunidade científica para embasar a conservação deste bioma (OVERBECK et al. 2009).

Vinculado à Chamada MCTI/CNPq n° 20/2017 - Nexus II, intitulado "Cenários de conversão da vegetação nativa e a sustentabilidade

de agroecossistemas no bioma Pampa", este trabalho objetivou avaliar os estoques de C em solos e na biomassa subsuperficial do bioma Pampa, mais precisamente em áreas de conversão de campo nativo para silvicultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

No âmbito do projeto Nexus, sítios representativos das principais fisionomias campestres foram selecionados em São Gabriel (SAG), Lavras do Sul (LAV), Pinheiro Machado (PIM) e Jaguarão (JAG), os quais tinham campos e silvicultura. Os solos nestes locais são Argissolo Vermelho Amarelo, em SAG e JAG e Neossolo litóico e/ou Regolítico em LAV e PIM. A amostragem seguiu um delineamento pareado, onde em cada sítio foram selecionados 3 ou 4 parcelas de campos e silvicultura (eucalipto), definidos conforme máxima similaridade edáfica e geomorfológica. As parcelas amostrais foram delineadas com transectos de 250 m, sendo a amostragem de solo realizada de 50 m em 50 m. Nos seis pontos assim definidos foram escavadas mini trincheiras até 30 cm. Nas paredes destas foram extraídas amostras de solo em camadas sucessivas, com anéis volumétricos de 5 cm de altura e 8cm diâmetro. Essas amostras foram compostas para representar as seis profundidades por parcela. A partir delas, foi calculada a densidade do solo em cada camada, parâmetro empregado também na determinação dos estoques de C.

As amostras foram secas em estufa (55°C) por 48h, sendo posteriormente realizada a separação visual e pesagem das raízes para uma estimativa da biomassa subsuperficial nos pares com campo. Este estudo determinou de forma exploratória esta variável, não seguindo os protocolos mais robustos para determinação de raízes por limitações logísticas.

Adicionalmente, as amostras foram peneiradas (Ø=2 mm) para determinação da pedregosidade e moídas. Desta fração <2mm, foi determinada da umidade residual e alíquotas de 1 g separada para análise de COS por combustão seca (analisador C/N ThermoFlash 2000).

As análises estatísticas foram realizadas no SAS Studio com SAS 9.4 (SAS Institute, 2020). A análise de variância com 2 fatores (uso e sitio) por camada amostrada, sendo os sítios considerados blocos, usando PROC GLM, adequado a dados desbalanceados. O teste de amplitude múltipla de Duncan foi usado para separação de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Carbono em biomassa subsuperficial (raízes)

As diferenças observadas entre os sítios foram elevadas (Tabela 1), por exemplo, os campos em JAG tiveram quase 4 x mais biomassa, 18,8 Mg $ha^{-1}$, que LAV, 4,9 Mg $ha^{-1}$. Essa diferença pode ser decorrente de atributos intrinsecos destes solos, pois em LAV predominam Neossolo Litólico e/ou Regolítico, ou seja, solos pouco profundos, com maior pedregosidade, ambiente menos favorável ao crescimento radicular. Neste estudo, a biomassa subsuperficial nas parcelas de silvicultura não foi avaliada, porque não seria exequível no âmbito do projeto Nexus a aplicação de um protocolo de amostragem adequado. No entanto, dados da literatura podem servir como uma ferramenta para comparação entre os sistemas de cultivo. Cavalli et al. (2019), avaliando a biomassa radicular em povoamento de eucalipto com 7 anos de plantio em Argissolo e Neossolo no RS, encontraram uma média de 24,1 Mg MS $ha^{-1}$ com 9,2 Mg C $ha^{-1}$. Schumacher et al. (2011) obtiveram valores de 25,17 Mg $ha^{-1}$ em povoamento com 8 anos de idade (Vera Cruz, RS).

Por apresentarem características morfológicas e dinâmicas distintas, a comparação entre

biomassa radicular de campo nativo e silvicultura deve ser feita com cautela. De qualquer forma, os resultados obtidos possibilitam determinar os estoques de C no período de execução do projeto.

Tabela 1. Biomassa subsuperficial (matérias seca e C) nos campos (0-30 cm).

| Sítios | Raízes em campos (0-30 cm) | |
|---|---|---|
| | Matéria seca | C |
| | Mg ha$^{-1}$ | |
| PIM | 11,9$^{b}$ | 5,4 |
| SAG | 7,4$^{c\ b}$ | 3,3 |
| JAG | 18,8$^{a}$ | 8,5 |
| LAV | 4,9$^{c}$ | 2,2 |
| Média geral | 10,4 | 4,6 |

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre sítios nas colunas (camadas) Duncan ($p<0,05$).

## C orgânico do solo

Para fins de discussão e comparação com outros estudos, os estoques de COS (ECOS) obtidos em camadas de 5 cm até 30 cm foram agregados em três camadas, 0-10, 0-20 e 0-30. Não sendo verificadas diferenças significativas nas comparações entre campos e eucalipto nestas três profundidades (Figura 1). Em experimento semelhante, comparando campo nativo e cultivo de eucalipto, sete anos pós plantio, no bioma Pampa, Moraes (2012) também não obteve diferença significativa entre cultivos para os valores médios de COS, apenas entre as classes de solo avaliadas.

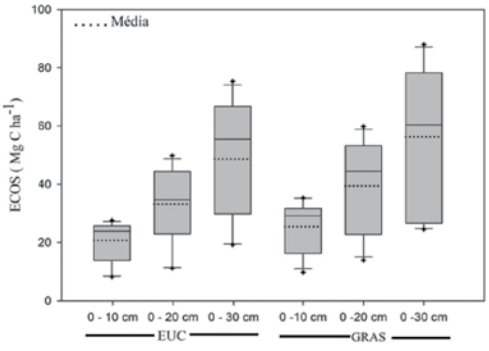



Figura 1. Estoques de COS por camada acumulados por uso das terras.

Para discussão, priorizaram-se os ECOS de 0-30 cm por esta ser uma das profundidades recomendadas para os inventários nacionais de GEE (IPCC). Nos campos foi observada uma média de ECOS (0-30 cm) de 56,3 Mg C ha$^{-1}$, similar ao encontrado por Bernoux et. al (2002) para Latossolo Vermelho (61,0 Mg C ha $^{-1}$). Tornquist et al. (2009) obteve uma média de

ECOS de 63,0 Mg C ha$^{-1}$ em Neossolo Litólico e 38,0 Mg C ha$^{-1}$ para campos sobre Argissolo Vermelho amarelo. Já Ferreira et al. (2016) encontrou um valor médio de 33 Mg C ha$^{-1}$ nos campos em Neossolo Regolítico em Manoel Viana, 40% mais baixo do que os valores encontrados neste estudo, 56,3 Mg C ha$^{-1}$. Nas áreas de silvicultura, foi verificado um valor médio de ECOS (0-30 cm) de 46,0 Mg C ha$^{-1}$, havendo pouca diferença entre este cultivo e o ECOS em campo nativo.

A ausência de diferença entre ECOS pode ser decorrência do curto prazo dos povoamentos de eucalipto avaliados neste estudo (cerca de 10 anos). É notório que os efeitos do manejo do solo sobre os estoques de carbono são pouco evidentes nos primeiros anos de cultivo, muitas vezes levam muitos anospara que se observe alguma alteração ou para que se alcance novamente o equilíbrio, retornando a níveis próximos aos anteriores à perturbação. Tornquist e Bayer (2009) estimam que leve de 20 a 30 anos para que este equilíbrio seja atingido. Ao avaliar a os estoques de carbono em campo nativo e áreas de conversão para plantio direto, Sá (2001) estimou um período de 40 anos para que um novo equilíbrio fosse atingido.

As pesquisas abordando ECOS em campos e sob silvicultura são escassas no RS. Em estudo realizado por Wink e Reinert (2013), comparando campo e eucalipto de diferentes idades no município de Santa Maria em Argissolo Vermelho Amarelo, também não foi constatada diferença significativa entre campos e silvicultura.

## CONCLUSÕES

De forma geral, a substituição do sistema de cultivo não afetou de forma significativa os atributos avaliados.

A ausência de diferenças significativas entre estoques de COS de 0-30 cm pode ser explicada pela idade de povoamento do eucalipto. Os 10 anos (em média) dos povoamentos usualmente podem não ter suficientes para a detecção de diferenças, pois Mudanças no ECOS costumam ocorrer de forma mais lenta.

Constatada a escassez de estudos que abordem este tema, é imperioso que se priorize mais estudos que investiguem os impactos da conversão de campos em outros usos, especialmente considerando as diferentes classes de solos que ocorrem no Pampa.

## REFERÊNCIAS

AGEFLOR. Associação Gaúcha de Empresas

Florestais. A Indústria de Base Florestal no RS. Ano base 2016. Porto Alegre: 2017. Website. Disponível em: http://www.ageflor.com.br/dados/anuario. Acesso em: 25.09.2020.

BERNOUX, M. et al. Brazil's soil carbon stocks. Soil Science Society of America Journal, Madison. v. 66, p. 888-896, 2002.

BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009. 63 p.

CAVALLI, J. P. et al. Composition and functional soil properties of arenosols and acrisols: Effects on eucalyptus growth and productivity. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 196, p. 1-10, 2019.

FERREIRA, A.O. et al. Can no-till grain production restore soil organic carbon to levels natural grass in a subtropical Oxisol? Agriculture, Ecosystems & Environment, Amsterdam, v. 229, p.13-20, 2016.

MORAES, Júlia Rodegheiro de. **Alterações nos atributos microbiológicos do solo e nos estoques de carbono decorrentes do cultivo de eucalipto no Bioma Pampa**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

OVERBECK, Gerhard Ernst et al. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**, p. 26, 2009 . In: PILLAR, V. P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009. 26p.

PILLAR, V. D.; TORNQUIST, Carlos Gustavo; BAYER, Cimelio. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 673-681, 2012.

PILLAR, V. de P. et al. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

SÁ, João Carlos de Moraes. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2001..

SCHUMACHER, Mauro Valdir; WITSCHORECK, Rudi; CALIL, Francine Neves. Biomassa em povoamentos de Eucalyptus spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 17-22, 2011.

SUERTEGARAY, Dirce MA; SILVA, LAP da. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. In: PILLAR, V. P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009. 42 p.

TORNQUIST C. G. e BAYER C. Serviços ambientais: oportunidades para a conservação dos

Campos Sulinos. In: PILLAR, V. P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009. 122 p.

TORNQUIST, Carlos G. et al. Soil organic carbon stocks of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 3, p. 975-982, 2009.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

WINK, C. Dinâmica do carbono e nitrogênio em Argissolos com plantações de Eucalyptos sp. Tese. Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Acúmulo de massa seca e nitrogênio do trevo persa dessecado em diferentes épocas pré-cultivo do arroz irrigado

Lucas Morais Cardoso[1]; Rafael Nunes dos Santos[2]; Glaciele Barbosa Valente[3]; Júlio Kuhn da Trindade[4]; Giovanna Gelak Spinelli[5]; Pâmela Scolaro[6]; Kimberly Greice Kunze Bastos[7]

[1]Bolsista de Iniciação Científica, Instituto Rio Grandense do Arroz, José Bonifácio Carvalho Bernardes 1494, Cachoeirinha - RS, 94930-030 ,morais1515@hotmail.com. [2] [3] Técnico Superior Orizícola, Instituto Rio Grandense do Arroz, [4] Lab de Microbiologia Agrícola, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária- Seapdr [5] [6] Bolsista de Iniciação Científica, Instituto Rio Grandense do Arroz; [7] Estagiário, Instituto Rio Grandense do Arroz.

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul são cultivados em média um milhão de hectares (ha) com arroz irrigado (SOSBAI, 2018). Na safra 2019/20, a soja ocupou 341.188 ha nas terras baixas, correspondendo a 36% da área cultivada com o arroz (IRGA, 2020). Apesar dessa evolução na rotação de culturas, durante o outono-inverno a maior parte dessas áreas permanece em pousio.

A cobertura de solo durante o outono-inverno, além de outras funções, aumenta a ciclagem de nutrientes, tem capacidade de aporte de carbono (C) ao solo e, quando pastejada, serve de fonte de alimento para o gado (AMADO et al., 2001; ANGHINONI, et al, 2011; CARMONA et al., 2018).

Além disso, através do aporte de nitrogênio (N) no solo com a utilização de plantas de cobertura leguminosas, durante o período outono-inverno, as doses de fertilizantes nitrogenados podem ser diminuídas na cultura sucessora (AMADO et al., 2001; SCIVITTARO et al., 2004). Devido a predominância de solos com baixos níveis de matéria orgânica (M.O.) em terras baixas (BOENI et al., 2010), para altas expectativas de resposta à adubação são indicados o uso de doses de até 150 Kg $ha^{-1}$ de N na cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018). Sendo que, a adubação nitrogenada responde por 40% do custo com adubação nessa cultura (IRGA, 2020).

O principal desafio da implementação de leguminosas como cobertura hibernal em terras baixas são as condições hidromórficas do solo (JENSEN; ISON, 1994). O trevo-persa (Trifolium resupinatum L.) é uma espécie anual que vem apresentando boa adaptação nessas condições (SOSBAI, 2018; COSTA el al., 2005). Esta leguminosa apresenta uma alta capacidade de produção de massa seca de excelente qualidade, podendo acumular até 3,9 Mg $ha^{-1}$, em terras baixas (COSTA et al., 2005).

A biomassa das leguminosas em geral possuem baixa relação C/N, característica que favorece sua taxa de decomposição (AMADO et al., 2011). Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar qual época de dessecação do trevo persa proporciona maiores rendimentos de massa seca e o impacto disso no acúmulo de resíduos e liberação de N para o arroz irrigado em sucessão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2019/2020, na Estação Experimental do Arroz do Instituto Rio Grandense do Arroz, no município de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul (RS). O solo é classificado como um Gleissolo Háplico Distrófico típico, de textura franco-argilosa (STRECK et al., 2008), e possui os seguintes atributos físicos e químicos: 270 g $kg^{-1}$ de argila; pH água 5,5; 10,2 mg $dm^{-3}$ de P (Mehlich 1); 42 mg $dm^{-3}$ de K (Mehlich 1) e 1,7, 0,5 e 0,9 cmolc $dm^{-3}$ de Ca, Mg e Al trocáveis (KCl 1,0 mol $L^{-1}$), respectivamente (TEDESCO et al., 1995).

### Tratamentos e amostragens

Os tratamentos consistiram de cinco épocas de dessecação do trevo-persa, tendo como referência o momento "ponto de agulha" (S3 conforme escala de COUNCE et al., 2000) da cultura do arroz irrigado. As dessecações ocorreram 40 (19/09/20119), 30 (30/09/2019), 20 (10/10/2019), 10 (21/10/2019) e 0 (01/11/2019) dias antes do "ponto de agulha" (DAPA). A dessecação de 10 DAPA coincidiu com o dia de semeadura do arroz. Foi mantida uma área em pousio, sem vegetação, como tratamento testemunha. Os tratamentos forma alocados em blocos com quatro repetições.

A semeadura do trevo-persa ocorreu no dia 15 de abril de 2019, na densidade de 10 kg $ha^{-1}$ de sementes. A adubação com 25, 62 e 81 kg $ha^{-1}$ de N, $P_2O_5$ e $K_2O$, respectivamente, foi realizado no mesmo dia do plantio, tanto nas parcelas com cobertura, quanto no pousio. As dessecações foram realizadas com 3 L $ha^{-1}$ de glifosato e 3 gramas de saflufenacil.

As amostragens para as determinações dos acúmulos de massa seca foram realizadas um dia antes da dessecação de cada tratamento. Sendo amostrada uma área de 0,25 $m^2$. Para a amostragem dos resíduos remanescentes do trevo no estágio S3 da cultura do arroz, foi coletado em 0,25 $m^2$ toda a cobertura vegetal morta rente ao solo. A semeadura do arroz, cultivar IRGA 431 CL, ocorreu no dia 21/10, sem a realização de adubação nitrogenada durante todo o ciclo da cultura.

As coletas para analisar as concentrações de N mineral no solo foram realizadas no estádio fenológico V3 da cultura do arroz, na profundidade de 0 a 5 cm. O teor de N total, foi determinado conforme Tedesco et al. (1995).

A parte aérea e os resíduos de trevo foram secos em estufa a 60ºC por 72 h para a determinação de massa seca. Após a pesagem para determinar o acúmulo de massa seca, as amostras foram moídas para a determinação de N total da parte aérea, conforme Tedesco et al. (1995).

### Análise estatística

Para análise estatística, os resultados foram submetidos aos testes: análise da variância (ANOVA) e teste de regressão, ao nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de massa seca do trevo persa foram superiores quando a dessecação foi realizada 20 DAPA, ou seja, dez dias antes da semeadura do arroz (Figura 1). Os rendimentos de massa seca nesse tratamento ultrapassaram os 5,0 Mg $ha^{-1}$, superando os valores encontrados (COSTA et al., 2005) em terras baixas. Da dessecação realizada 40 DAPA para realizada 20 DAPA, teve-se em média um aumento de 50,6 kg $ha^{-1}$ $dia^{-}$ de massa seca de trevo (Figura 1). Sendo assim a dessecação 20 DAPA superou em 1,01 e 2,38 o rendimento de massa seca das dessecações realizadas 30 e 40 DAPA, respectivamente (Figura 1). A diminuição de massa seca de trevo observada nos tratamentos 10 DAPA (dia do plantio do arroz) e 0 DAPA pode ter ocorrido

devido ao início do período de senescência das plantas associada ao corte de parte das plantas pela ação mecânica da semeadura sobre a cobertura vegetal.

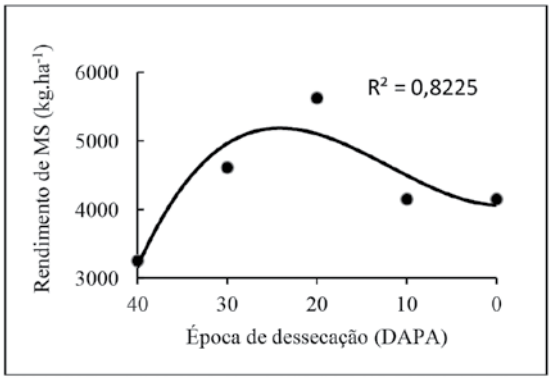



Figura 1. Rendimentos de massa seca (MS) da parte aérea do trevo persa de acordo com a época de dessecação.

Os teores de N total no trevo persa diminuíram a medida que a dessecação se aproximou do ponto de agulha do arroz irrigado (Figura 2). O tratamento 40 DAPA, que apresentou maiores teores de nitrogênio total, superou em 9,4 g $kg^{-1}$ a dessecação no ponto de agulha, tratamento com os menores teores. Após o início do período reprodutivo da planta o N armazenado nas folhas na forma de proteínas tende a ser translocado para a produção de sementes (FISCHER et al.,1998). Isso associado com a competição por luz e senescência da base das plantas faz com que se altere a relação folha/haste, ocasionando reduçao nos teores de N nas folhas. Na dessecação 40 DAPA o trevo-persa estava no estádio vegetativo, com menor produção de massa seca.

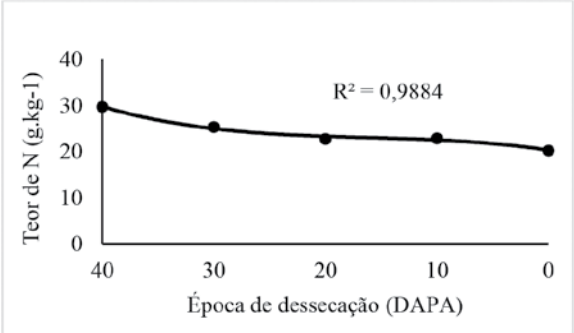



Figura 2. Teores de N na parte aérea do trevo persa dessecado em diferentes épocas.

A maior massa seca de resíduos do trevo persa no estádio de ponto de agulha do arroz, foi encontrada nos tratamentos dessecados mais próximos ao ponto de agulha (Figura 3). Sendo que nos tratamentos 40, 30 e 20 DAPA a massa seca de resíduos correspondeu a 38%, 40% e 58 % da massa seca de trevo produzida em cada tratamento. Além do maior período de decomposição, nesses tratamentos o trevo-persa apresentou maiores teores de nitrogênio que auxiliam na maior velocidade de decomposição (TORRES et al., 2005)

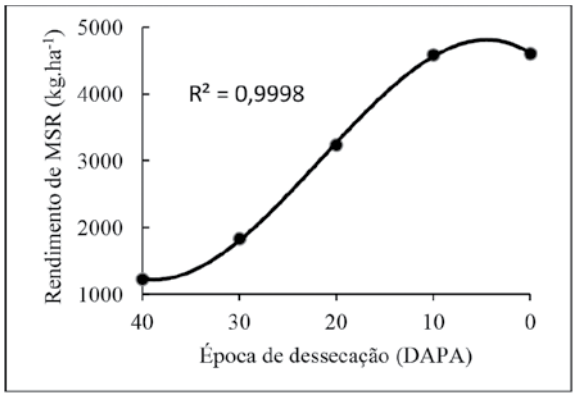



Figura 3. Matéria seca do resíduo (MSR) do trevo persa remanescente no estádio de ponto de agulha do arroz nas diferentes épocas de dessecação.

Devido a maior massa seca dos resíduos remanescentes de trevo persa nas épocas de dessecações mais próximas ao ponto de agulha da cultura do arroz, esses tratamentos têm maior acúmulo de N (kg $ha^{-1}$) nesses resíduos (Figura

4). Indicando que nos tratamentos dessecados com maior antecipação ao ponto de agulha do arroz a liberação do nitrogênio para o solo já havia ocorrido na ocasião das coletas.

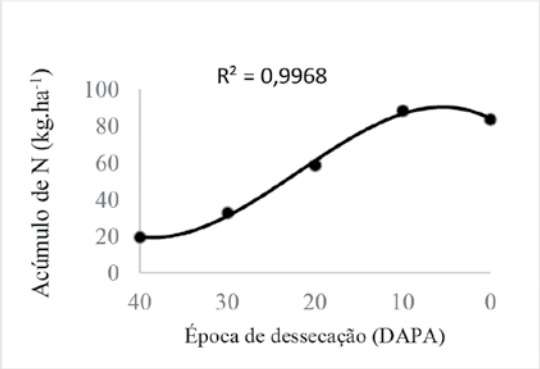



**Figura 4.** Acúmulo de N no resíduo de trevo persa remanescente no ponto de agulha do arroz irrigado nas diferentes épocas de dessecação.

No estádio de V3 da cultura do arroz, foram encontrados maiores teores totais de N no solo no tratamento em que a dessecação se deu no ponto de agulha do arroz irrigado (0 DAPA) (Figura 5). Sendo que em todas épocas de dessecações os teores de N foram superiores à testemunha (pousio). Os teores mais baixos de N total no solo e menor acúmulo de N no resíduo remanescente nas dessecações mais antecipadas em relação ao ponto de agulha do arroz, indicam que esse nutriente foi perdido, podendo não ser aproveitado pela cultura subsequente.

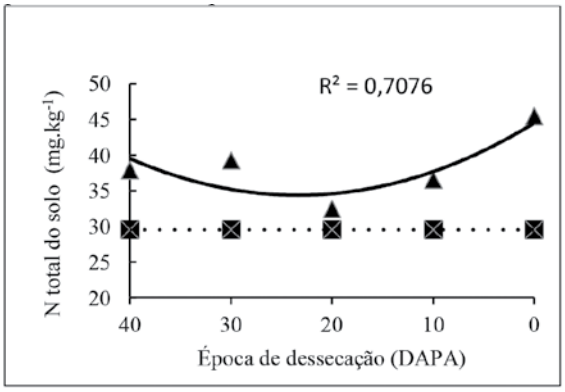



**Figura 5.** Nitrogênio (N) total do solo no estágio fenológico V3* da cultura do arroz nas diferentes épocas de dessecação. A linha pontilhada representa o teor de nitrogênio total no tratamento testemunha (pousio). *Conforme escala (COUNCE et al., 2000).

## CONCLUSÕES

Dessecação da cobertura vegetal do trevo persa próxima à semeadura do arroz irrigado, ou mesmo após à semeadura, no estádio ponto de agulha (S3), proporciona um ambiente de solo com maior acúmulo de resíduos e maior disponibilidade de N na interface solo-planta para o cultivo de arroz irrigado em sucessão.

## REFERÊNCIAS

Amado TJC, Bayer C, Eltz LF, Brum ACR. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo 2001; 25:189-197.

Anghinoni I, Assmann JM, Martins AP, Costa SE, Carvalho, PCF. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. Synergismus Scyentifica, Pato Branco, v. 6, n. 2, 2011. Trabalho apresentado no 3. Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, Pato Branco, 2011.

Boeni M, Anghinoni I, Genro Jr. SA, Osório Filho BD. Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Cachoeirinha: Instituto Rio Grandense do Arroz; 2010. (Boletim técnico, n. 9).

Carmona FC, Denardin LGO, Martins AP, Anghinoni I, Carvalho PCF. Sistemas integrados de produção agropecuária em Terras Baixas. Porto Alegre: Edição dos autores; 2018 (Boletim técnico)

Costa NL, Reis JCL, Rodrigues RC, Coelho RW. Trevopersa uma forrageira de duplo propósito. Embrapa - ISSN, 2005. (Circular Técnica, n. 116)

Counce PA, Keisling TC, Mitchell AJ. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Science, Madison, v.40, n.2, p. 436443, 2000.

Fischer W. Amino acid transport in plants. Trends in Plant Science 3. p.188-95, 1998. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01231-X

Instituto Rio Grandense do Arroz- IRGA. Boletim de resultados da lavoura – safra 2019/2020: Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação, agosto/2020. [Acessado em: 31 ago. 2020]. Disponível em: https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008/1914480 8-boletim-de-resultados--da-lavoura-safra-2019-2020irga.pdf

Instituto Rio Grandense do Arroz- IRGA. Custo de produção médio ponderado do arroz irrigado do rio grande do sul safra 2017/18. [Acessado em: 25 de setembro de 2019]. Disponível em: http://stirga2018admin.hml.rs.gov.br/upload/arquivos/201805/18160831-custo-1-

Santos RN. Impacto da leguminosa trevo-persa no aumento da eficiência da adubação nitrogenada no cultivo de arroz irrigado em sucessão. CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11, p. 231-235, 2019.

Schulza S, Keatingea JDH, Wellsb GJ. Productivity and residual effects of legumes in rice-based cropping systems in a warm-temperate environment: II. Residual effects on Rice. Field Crops Research, v. 61, p. 37-49, 1999.

Scivittaro WB, Machado MO. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. Embrapa – ISSN, 1981. (Circular Técnica, n. 62)

Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, RS: SOSBAI, 192 p. 2018.

Streck EV, Kampf N, Dalmolin RCD. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER, p.222, 2008.

Torres JLR, Pereira MG, Andrioli I, Polidoro JC, Fabian AJ. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. Rev Bras Ciênc Solo. 2005;29:609-18. https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400013. 20180115091236custo-2017-18.pdf

Jensen PI, Ison RL. Hydrationdehydradation and subsequent storage effects on seed of the selfregenerating annualsTrifolium balansae and T. resupinatum. Seed Science and Technology, v.22, n. 3, p. 435-447, 1994.

Rosa RT. Potencial da serradela nativa em suprir nitrogênio para o arroz irrigado em sucessão. p. 5, 2013.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise hidrossedimentológica e das perdas de nutrientes de um evento de chuva em duas bacias hidrográficas

Davi Elias Koefender[1]; Cláudia A P de Barros[2]; Liana Dambros[3]; Ana Paula Levandoski[4]; Carlos Eduardo Linhares Feitosa[5]

[1] Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; Membro do grupo Interdisciplinary Research Group on Environmental Bigeochemistry (IRGEB); Avenida Cauduro 271, Porto Alegre; davikoefender@gmail.com. [2] Professora Adjunta, Departamento de Solos, Departamento de Solos/UFRGS; [3] Graduanda em agronomia, IRGEB/UFRGS; [4] Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, PPGCS/UFRGS; [5] Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, PPGCS/UFRGS.

## INTRODUÇÃO

Diferentes fatores podem colaborar para a geração do escoamento superficial, como o tipo e manejo do solo, características do relevo e cultivos agrícolas. Beutler et al. (2003), estudando as perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico, concluíram que a semeadura direta, tanto envolvendo rotação de culturas no inverno e verão quanto envolvendo rotação de preparos de solo, foi mais eficaz no controle das perdas de solo e água do que os demais tratamentos (preparo convencional, cultivo mínimo, rotação de preparos). Kaufmann et al. (2012) demonstraram que o coeficiente de escoamento superficial (CES), em média, é 25 % maior em área de plantio convencional.

Em eventos chuvosos podem ocorrer grandes perdas de nutrientes em bacias hidrográficas, decorrente do aumento do escoamento superficial (Lorenzon et al. 2015). Práticas agrícolas exercem um forte impacto na transferência de nutrientes do solo para os recursos hídricos (Alvarez et al. 2014). IZIDORIO et al. (2005) demonstraram que, em sistema de plantio convencional, a perda de nutrientes em cultivo de cana-de-açúcar é maior.

Estudos de monitoramento em bacias hidrográficas com diferentes manejos e usos do solo é essencial para elencar possíveis razões para as perdas de solo, água e nutrientes e traçar medidas para amenizá-las (Aparecido et al. 2016).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi comparar o impacto do evento de chuva ocorrido entre os dias 31/08/2018 a 03/09/2018 em duas diferentes bacias hidrográficas agrícolas no RS com distinções quanto ao manejo do solo, tipos de solo e relevo. Para isso avaliou-se as perdas de nutrientes dissolvidos (N, P, K, Ca, Mg, Cu e Zn), a produção de sedimentos (PS), concentração de sedimentos (CSS), vazão (Q) e o CES.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Local de estudo*

O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, BR. A Bacia Hidrográfica do Rio Conceição

(RC) possui área de drenagem de 800 km² e está localizada na região do Planalto Rio Grandense (Figura 1). O relevo da região é caracterizado por declividade suave (6 a 9 %) do topo ao meio da encosta, e maior declividade (10 a 14%) nas áreas próximas aos canais de drenagem.

Os tipos de solo que predominam são Latossolos, Nitossolos e Argissolos. A precipitação (PPT) anual média é de 1774 mm. As atividades predominantes na região são produção de soja (*Glycine max*) e pecuária leiteira. No inverno, a cultura predominante é o trigo (*Triticum* spp.). Nessa região, o sistema de cultivo plantio direto é aplicado em mais de 80 % das áreas agrícolas (Didoné et al., 2017), mas não contam com práticas adicionais de controle de erosão.

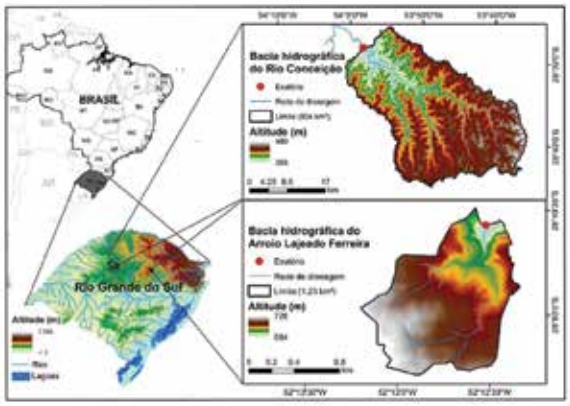



**Figura 1.** Localização da Bacia do Rio Conceição; e Bacia do Arroio Lajeado Ferreira.

A Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Ferreira (ALF) possui área de drenagem de 1,23 km² e está localizada na região da encosta do planalto meridional do sul do Brasil (Figura 1). O relevo na parte superior é ondulado (declividade de 7%), já no terço médio e inferior a declividade chega a mais de 15 %, sendo considerado forte ondulado. A PPT média anual é de 1938 mm. Os tipos de solos encontrados na bacia são Argissolos,

Cambissolos e Neossolos. As atividades predominantes desde 2018, são a produção de tabaco e soja, além da presença de mata nativa. O manejo do solo nas lavouras é caracterizado tanto por plantio direto (59%) como convencional (41%).

### *Monitoramento hidrossedimentométrico*

O monitoramento hidrossedimentométrico é realizado através de equipamentos automáticos que registram dados (PPT, Q e CSS) em intervalos de 10 em 10 minutos. A precipitação é medida através de pluviógrafo e pluviômetro. A vazão é medida através de uma calha parshall com linígrafo e régua linimétrica (ALF) e curva chave com linígrafo e régua linimétrica (RC).

Os dados obtidos do pluviógrafo da bacia do Rio Conceição apresentaram problema de leitura automática. Assim, foram utilizados os dados de chuva fornecido pela ANA (Agência Nacional de Águas), que possui pluviômetro instalado no Rio Conceição (posto 2853003).

### *Amostragem e análises em laboratório*

As coletas de amostras de água+sedimento foram realizadas durante ascensão, pico e recessão do hidrograma, a fim de fazer a melhor avaliação possível das perdas nutrientes. Ao chegar no laboratório, as amostras eram filtradas (0,45 µm) a fim de separar a fração dissolvida e particulada.

As concentrações de N dissolvido foram determinadas diretamente por meio da metodologia de Kjeldahl (1883). Para P dissolvido foi utilizada a metodologia de Murphy e Riley (1962) e para os demais elementos dissolvidos (K, Ca, Mg, Cu e Zn) foi utilizada a metodologia de Tedesco et al. (1995).

### *Análise dos dados*

Nesse estudo utilizamos os dados de um único evento de chuva que ocorreu simultaneamente em duas diferentes bacias hidro-

gráficas no RS. O evento ocorreu entre 31/08 a 03/09/2018.

A descarga de nutrientes (mg $s^{-1}$) foi determinada através da equação 1:

$$DNS = CN * Q \quad (1)$$

*DNS - Descarga de nutriente (mg $s^{-1}$); CN - Concentração do nutriente (mg $L^{-1}$); Q - Vazão (L $s^{-1}$ para ALF e $m^3$ $s^{-1}$ para RC).*

Para obtermos a perda total de nutrientes no evento (kg), determinamos através da equação 2:

$$DT = \sum(H0 - H1) * FC * (\frac{DNS}{1000})/1000 \quad (2)$$

*DT - Descarga total (kg); H0 – Horário anterior à coleta; H1 – Horário da coleta; DNS – Descarga de nutriente por segundo (mg $s^{-1}$), FC: fator de correção das unidades*

Para determinarmos o volume escoado superficialmente, utilizamos como referência o método de base fixa (Chow et al. 1988). Com esse método, separa-se o escoamento superficial e o escoamento de base.

O CES foi obtido pela razão entre o volume escoado superficialmente e a PPT, em %.

Os dados PS e perda de nutrientes foram determinados por hectare a fim de que pudesse haver uma correta análise dos dados, bem como a Q foi determinada por $km^2$ (vazão específica).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Análise hidrossedimentológica*

O evento em RC ocorreu entre 31/08 a 03/09, enquanto na ALF foi de 31/08 a 02/09. A PPT foi de 116,9 mm na RC e 64,4 mm na ALF.

Em relação a Q, observou-se que na ALF, os valores foram superiores tanto para as mínimas como para as máximas (Tabela 1), o que pode ser explicado pela maior declividade no local e pelo cultivo convencional.

**Tabela 1.** Vazão (Q) e concentração de sedimentos em suspensão (CSS) mínima, média e máxima durante o evento de chuva.

| Variável hidrológica | Mínima | | Média | | Máxima | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **RC** | **ALF** | **RC** | **ALF** | **RC** | **ALF** |
| | ----------L $s^{-1}$ $km^{-2}$---------- | | | | | |
| Q | 23,1 | 67,1 | 86,2 | 248,3 | 143,7 | 902 |
| | ----------g $L^{-1}$---------- | | | | | |
| CSS | 0,01 | 0,06 | 0,21 | 0,24 | 0,61 | 1,9 |

RC: Bacia do Rio Conceição. ALF: Bacia do Arroio Lajeado Ferreira.

Quanto a CSS, na ALF a turbidez da água pode chegar a níveis maiores em relação a bacia RC. O preparo do solo no sistema convencional em Arvorezinha gera uma maior degradação da estrutura original do solo (Assis et al. 2010), o que faz com que o impacto da gota da chuva nessas áreas seja muito maior, favorecendo a desagregação e transporte de sedimentos. Outro fator importante é o índice de erosividade da chuva ($EI_{30}$), que é cerca de 20% maior na ALF, confirmando que nesse local o potencial da chuva em causar erosão é maior conforme os estudos de Ramon (2017) e Didoné (2013).

O coeficiente de escoamento superficial na ALF foi de 12,5 % e na RC foi de 9,1 %, o que pode ser explicado pela manutenção da palhada na RC, a qual contribui para retenção da água na lavoura e consequentemente, menor escoamento superficial.

A produção de sedimentos nas RC e ALF foram similares, com valores de 50 e 52,25 kg $ha^{-1}$, respectivamente. Isso pode ser atribuído aos maiores valores de CSS que se mantiveram por mais tempo, diferente de Arvorezinha, onde foi observado alguns picos, mas não constantes.

*Concentrações dos elementos químicos*

As concentrações médias de N, P e K foram maiores na ALF, já os demais elementos apresentaram concentrações médias superiores na RC (tabela 2).

Tabela 2. Concentrações mínima, média e máxima dos nutrientes dissolvidos.

| | Mínima | | Média | | Máxima | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | RC | ALF | RC | ALF | RC | ALF |
| | ----------mg $L^{-1}$---------- | | | | | |
| N | 0 | 0 | 0,96 | 1,36 | 1,86 | 3,40 |
| P | 0 | 0,019 | 0,005 | 0,050 | 0,010 | 0,078 |
| K | 1,97 | 4,69 | 2,75 | 5,35 | 3,97 | 6,15 |
| Ca | 5,53 | 3,55 | 7,22 | 4,53 | 8,14 | 5,60 |
| Mg | 1,51 | 0,92 | 2,70 | 1,24 | 3,14 | 1,56 |
| Cu | 0 | 0 | 0,002 | 0 | 0,013 | 0 |
| Zn | 0 | 0 | 0,072 | 0 | 0,326 | 0 |

RC: Bacia do Rio Conceição. ALF: Bacia do Arroio Lajeado Ferreira.

A concentração média de P esteve no limite do valor (para ambientes lóticos) para classe 3 (águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística) segundo a resolução do Conama 357. Portanto, já estaria enquadrada em uma classe de água imprópria para consumo humano.

As concentrações máximas de Ca e Mg foram superiores na RC, o que pode ser explicado pelo maior aporte de corretivos (calcário) na região em que se encontra a bacia RC.

*Perdas totais dos elementos químicos*

Os valores de perdas de nutrientes (figura 2) foram superiores na ALF, com exceção de Cu e Zn, onde não foram detectadas concentrações.

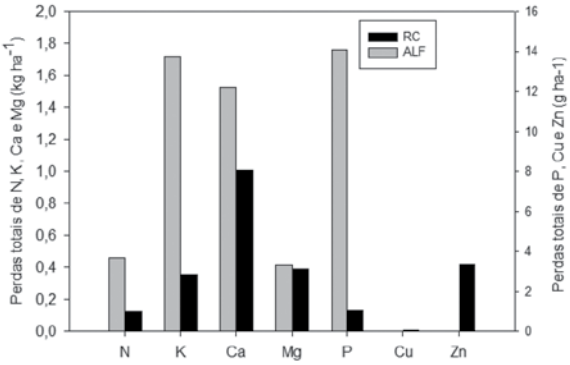



Figura 2. Perdas totais dos elementos dissolvidos.

Ressalta-se aqui a grande diferença dos valores de N, P e K entre as duas bacias. Na ALF, as descargas desses nutrientes são muito maiores, muito provavelmente em função do solo estar sem cobertura vegetal durante a época do evento, o que colaborou para maior escoamento superficial e maior transporte de nutrientes. Dessa forma, grande parte dos fertilizantes adicionados nas lavouras da ALF estão sendo perdidos em eventos chuvosos. A manutenção da palhada vegetal sobre os solos em todos os períodos do ano é essencial para amenizar as perdas de nutrientes.

No plantio convencional, o salpicamento provocado pela ação das gotas da chuva em solos desnudos provoca a obstrução dos poros logo na camada superficial, diminuindo a capacidade de infiltração de água no perfil do solo (Kaufmann et al. 2012).

## CONCLUSÕES

Bacias hidrográficas cujos solos são mais rasos e jovens, a perda de fósforo em forma solúvel pode ser mais elevada.

A concentração máxima de sedimento na ALF foi maior do que na RC, no entanto a produção de sedimento foi praticamente a mesma. Isso nos leva a concluir que solos onde o sistema de cultivo é o tradicional, as fontes de sedimento

são mais pontuais, onde a transferência de sedimentos ocorre de forma mais rápida.

Estudos avaliando a concentração de nutrientes nos sedimentos devem ser realizados a fim de obter os dados de perdas totais de nutrientes (dissolvido + particulado), tornando-se possível uma melhor abordagem a respeito da transferência de nutrientes em bacias hidrográficas durante eventos de chuva.

**AGRADECIMENTOS**: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); Sinditabaco (Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco); Projeto Mais Água, coordenado pelo DDPA (Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária).

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.W.R., PELLEGRINI, A., KOCHEM, M.L., Erosão hídrica e perda de sedimento, água e nutrientes durante eventos pluviais em duas bacias hidrográficas rurais. Investig. Agrar. 2014; 16(2): 113-123.

APARECIDO, C.F.F., VANZELA, L.S., VAZQUEZ, G.H., LIMA, R.C., Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. Irriga, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 239-256, maio - junho, 2016.

ASSIS, R.L., LANÇAS, K.P., Agregação de um nitossolo vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.58-66, jan./fev. 2010.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, p.509-517, 2003.

CHOW, V.T. et al. Applied Hidrology. McGRAWHILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1988. 540 p.

DIDONÉ, E.J., MINELLA, J.P.G., EVRARD, O., Measuring and modelling soil erosion and sediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. Soil & Tillage Research 174 (2017) 24-33. DIDONE, Elizeu – Erosão bruta e produção de sedimentos em bacia hidrográfica sob plantio direto no planalto do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Dissertação de mestrado.

IZIDORIO, R.; MARTINS FILHO, M.V.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G. T. Perdas de nutrientes por erosão e sua distribuição espacial em área sob cana-deaçúcar. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, p.660-670, 2005.

LORENZON, A.S., DIAS, H.C.T., TONELLO, K.C., Escoamento superficial da água da chuva em um fragmento florestal de mata atlântica, ViçosaMG. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.5, n.1, p. 50-58.

RAMON, Rafael – Medição da energia cinética das chuvas e definição de um índice pluvial para estimativa da erosividade em Arvorezinha/RS. Universidade Federal de Santa Maria, 2017. Dissertação de mestrado.

KAUFMANN, V., CASTRO, N.M.R., Escoamentos Superficiais e de Drenagem em Solo com Diferentes Manejos e Intensidades de Chuvas Simuladas. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.4 - Out/Dez 2012, 273-285.

# Atributos da qualidade do solo e *Urochloa* spp. – Um estudo bibliométrico

Aghata Cristie Rewa Charnobay[1]; Julia Barra Neto-Ferreira[2]; Marco Antonio Nogueira[3]

[1]Doutoranda, Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, aghatacharnobay@gmail.com;
[2]Doutoranda, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo;
[3]Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina- Paraná.

## INTRODUÇÃO

O manejo sustentável do solo é essencial para manutenção da sua qualidade e da sustentabilidade da produção agropecuária. A diversificação dos sistemas de produção, utilizando diferentes espécies no plano de rotação, é uma prática de manejo conservacionista preconizada e que pode contribuir para a melhoria da qualidade do solo (QS). A avaliação da QS é realizada por indicadores físicos, químicos e microbiológicos, que juntos determinam a qualidade do sistema de produção. Entender a influência da diversificação de culturas sobre esses indicadores, bem como as suas inter-relações, é importante para dar suporte a recomendações de manejo visando sistemas de produção mais sustentáveis.

As braquiárias (*Urochloa* spp.) são gramíneas tropicais que podem ser usadas para aumentar a diversidade de espécies vegetais nos sistemas de produção (BALBINOT JUNIOR et al., 2017). Os benefícios da adoção de espécies desse gênero no sistema de rotação incluem alta produção de biomassa para a cobertura do solo (FRANCHINI et al., 2014), ciclagem de nutrientes (PACHECO et al., 2011), e supressão de plantas daninhas (LIMA et al., 2014). Além da cobertura do solo (PACHECO et al., 2011), as gramíneas melhoram seus atributos físicos, químicos e biológicos (SILVA et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2015; NASCENTE; STONE, 2018).

Este estudo bibliométrico teve como objetivo investigar como a qualidade do solo tem sido abordada em pesquisas com o uso das braquiárias na diversificação dos sistemas de produção, bem como identificar possíveis lacunas de conhecimento a serem consideradas em trabalhos futuros.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliométrica foi realizada pela busca de termos chave em todas as bases de dados da plataforma Web of Science® - Clarivate Analytics (https://webofknowledge.com/).

A estratégia de busca foi construída com palavras chave que representassem a cultura e as variáveis de estudo: ((*Urochloa* OR *Brachiaria*) AND ("soil quality" OR "soil health" OR "soil physic*" OR "soil structur*" OR "soil biolog*" OR "soil microbial" OR "soil microbiolog*" OR "soil chemical*" OR "soil fert*")). Os termos foram buscados pelo campo 'Topic', que considera 'Título', 'Abstract' e 'Keywords Plus®". A busca se limitou a artigos e revisões, publicados em inglês ou português, até 2019.

A pesquisa resultou em 336 arquivos que foram exportados em formato .csv em Set/2020. Os resultados foram analisados pela ferramenta

de análise da plataforma Web of Science®, Microsoft Office Excel (v. 2016) e VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2010).

Foram avaliadas as seguintes informações: (1) Ano de publicação; (2) País; (3) Instituição; (4) Autores e (5) Área de Pesquisa. Deve-se salientar que a informação "país" na ferramenta de análise refere-se ao país de endereço dos autores, não necessariamente onde o estudo foi conduzido.

Os artigos relacionados à área de estudo 'Ciência do Solo' foram identificados pela ferramenta de análise da base de dados, totalizando 112 arquivos que tiveram os resumos lidos e foram classificados em uma ou mais das seguintes categorias, conforme os indicadores de qualidade do solo: Física do solo, Química do solo, Biologia do solo (com foco no aspecto microbiológico).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 336 arquivos obtidos na busca, 330 são artigos de pesquisa e 6 artigos de revisão. Em relação ao idioma da publicação, 206 foram publicados em inglês e 130 em português. O número de artigos relacionados a braquiária (*Urochloa* spp.) e atributos da qualidade do solo são mostrados na Figura 1. Nota-se que desde 1991, ano em que o primeiro trabalho no assunto foi publicado, o número de publicações tem crescido. Com exceção de 1992 e 1993, todos os anos tiveram no mínimo uma publicação sobre o tema. Maior crescimento é observado entre 20102019, período no qual 74,4 % dos artigos foram publicados.

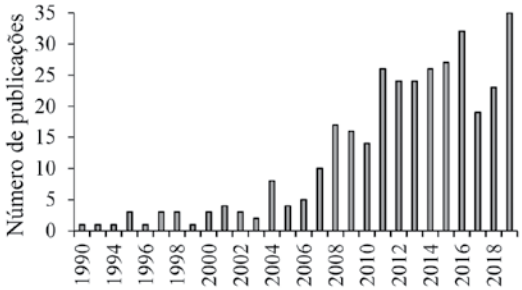



**Figura 1.** Número de publicações sobre *Urochloa* spp. e qualidade do solo (n = 336 publicações).

Os trabalhos relacionando *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo foram publicados em 40 países/regiões entre 1991 e 2019. Entre os 10 países responsáveis pelo maior número de publicações (Figura 2), destaca-se o Brasil com 277 trabalhos (82,4%), seguido dos Estados Unidos (EUA), com 39 (11,6%) e Colômbia com 23 (6,8%). Ressalta-se que os pesquisadores Brasileiros possuem colaborações com pesquisadores de diversos países, em especial dos Estados Unidos (Figura 3).

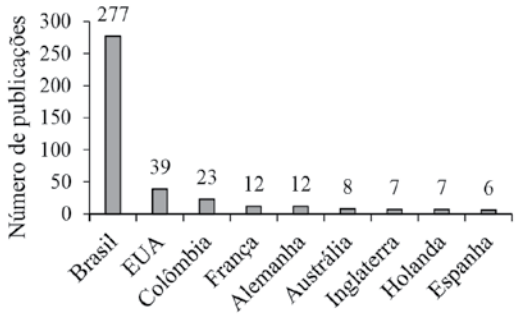



**Figura 2.** Produção dos 10 países com maior número de publicações sobre *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo.

A relevância brasileira em estudos sobre o tema pode ser decorrente do histórico de adoção das Braquiárias no país. Inicialmente cultivadas como pastagem, as espécies do gênero *Urochloa* foram preponderantes para a evolução da pecuária e, posteriormente, do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) no país (BAPTISTELLA et al., 2020). O uso de gramíneas em sistemas

consorciados possibilitou a recuperação da produtividade agrícola e pecuária no Brasil, culminando na criação de sistemas de produção mais complexos e integrativos. Exemplos são o Sistema Barreirão, em 1991 (OLIVEIRA et al., 1996) e o Sistema Santa Fé, em 2001 (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Ao longo do tempo, as braquiárias se consolidaram como alternativa de diversificação em sistemas conservacionistas, como o sistema de plantio direto, que tem grande expressão no Brasil.

A importância das espécies de braquiárias para a agricultura e pecuária tropicais brasileiras pode explicar o fato de 9 das 10 instituições, e 10 dos 10 autores responsáveis pelo maior número de publicações sobre *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo serem brasileiros (Tabelas 1 e 2, respectivamente).

Em relação à área de pesquisa em Ciência do Solo, 65 artigos foram em Física, 77 em Química e 25 em Biologia do Solo. Até 2005 é possível destacar a maior quantidade de trabalhos sobre *Urochloa* spp. e QS sob a ótica dos atributos químicos, os quais predominaram ao longo dos anos. A abordagem dos atributos físicos nos artigos também é frequente, provavelmente devido a constatação dos benefícios da biomassa aérea e de raízes sobre a qualidade física do solo (ANGHINONI et al., 2019).

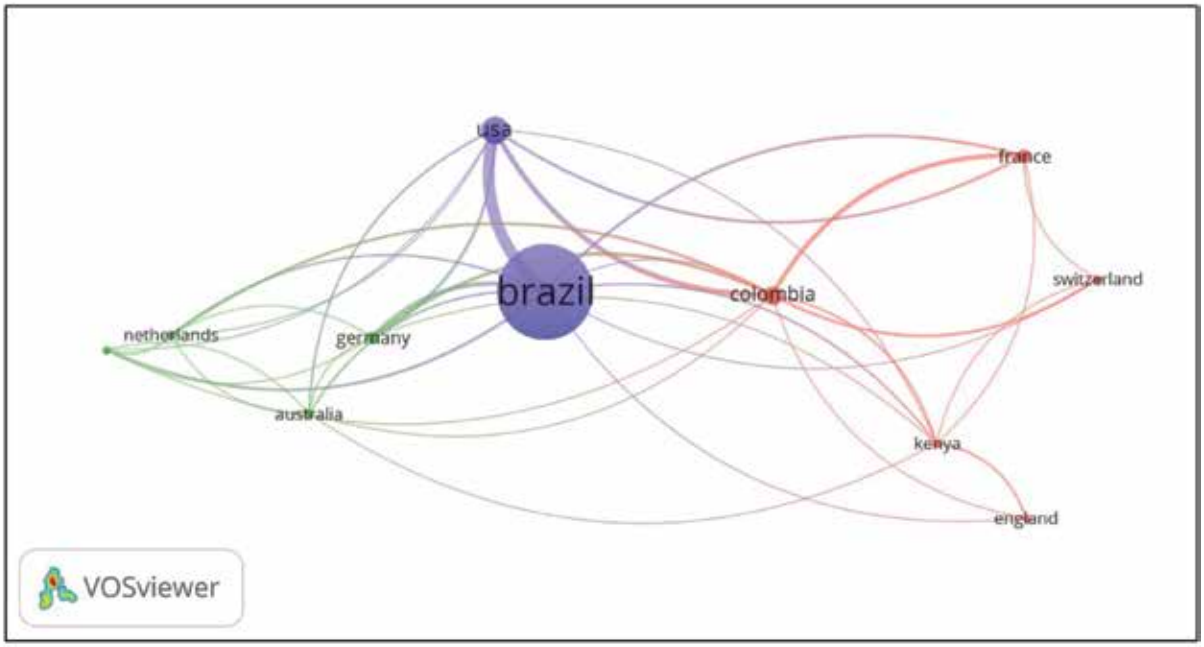



**Figura 3.** Mapa bibliométrico de colaboração entre países. O tamanho do círculo é proporcional à quantidade de artigos sobre *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo produzidos pelo respectivo país e as linhas representam a relação de colaboração entre os países – quanto mais grossa, mais forte a colaboração.

Tabela 1. Dez primeiras instituições responsáveis pelo maior número de publicações sobre *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo.

| Instituição | Publicações |
|---|---|
| Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 95 |
| Universidade Estadual Paulista | 62 |
| International Center for Tropical Agriculture | 41 |
| Universidade Federal de Lavras | 35 |
| Universidade de São Paulo | 20 |
| Universidade Federal de Viçosa | 17 |
| Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro | 15 |
| Universidade de Brasília | 13 |
| Instituto Agronômico de Campinas | 12 |
| Universidade Federal Rural de Pernambuco | 15 |

Tabela 2. Dez primeiros autores responsáveis pelo maior número de publicações sobre *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo.

| Autor | Instituição | Publicações |
|---|---|---|
| Pereira M.G. | UNESP Botucatu | 12 |
| Crusciol C.A.C. | UNESP Botucatu | 10 |
| Rosolem C.A. | UFRRJ | 10 |
| Alves M.C. | UNESP Ilha Solteira | 9 |
| Curi N. | UFLA | 9 |
| Pauletto E.A. | UfPel | 9 |
| Ramos M.L.G. | UnB | 9 |
| Andreotti M. | UNESP Ilha Solteira | 8 |
| Fidalski J. | IDR-Paranavaí | 8 |
| Pinto L.F.S. | UfPel | 8 |

UNESP-Universidade Estadual Paulista; UFRRJ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; UFLAUniversidade Federal de Lavras; UfPel- Universidade Federal de Pelotas; UnB-Universidade de Brasília; IDR-Instituto de Desenvolvimento Regional do Paraná.

Os trabalhos que consideram os atributos biológicos são menos frequentes, indicando possível lacuna para ser pesquisada quando se estuda a relação entre a braquiária e atributos da QS (Figura 4). Em 2019, a distribuição entre as áreas foi mais equânime, o que pode indicar que a área de biologia do solo já tem despertado interesse de pesquisa em atributos da QS e espécies de *Urochloa* spp.

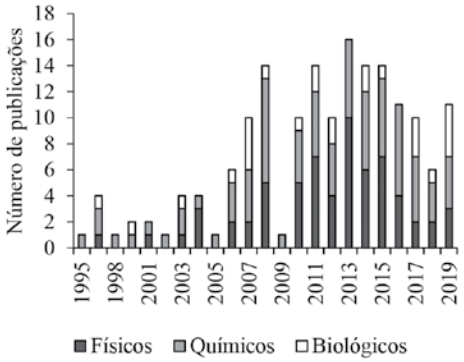



Figura 4. Número de publicações sobre *Urochloa* spp. e atributos de qualidade do solo classificados nas categorias física, química e biologia do solo (n = 112).

## CONCLUSÕES

As pesquisas com *Urochloa* spp. e atributos da qualidade do solo ganharam expressão ao longo dos anos e o Brasil se destaca com maior número de publicações.

O uso dos atributos químicos e físicos é mais recorrente entre as avaliações da qualidade do solo em sistemas de produção com *Urochloa* spp. Indicadores biológicos são menos explorados, representando potencial área a ser estudada.

## REFERÊNCIAS

Anghinoni G, Tormena CA, Lal R, Zancanaro L, Kappes C. Enhancing soil physical quality and cotton yields through diversification of agricultural practices in central <scp>Brazil</

scp>. L Degrad Dev. 2019;30:788-98. https://doi.org/10.1002/ldr.3267.

Balbinot Junior AA, Santos JCF Dos, Debiasi H, Yokoyama AH. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. Pesqui Agropecuária Bras. 2017;52:592-8. https://doi.org/10.1590/s0100--204x2017000800004.

Baptistella JLC, de Andrade SAL, Favarin JL, Mazzafera P. Urochloa in Tropical Agroecosystems. Front Sustain Food Syst. 2020;4. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119.

Crusciol CAC, Nascente AS, Borghi E, Soratto RP, Martins PO. Improving Soil Fertility and Crop Yield in a Tropical Region with Palisadegrass Cover Crops. Agron J. 2015;107:2271-80. https://doi.org/10.2134/agronj14.0603.

van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics. 2010;84:523-38. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Franchini JC, Junior AAB, Debiasi H, Procópio S de O. Intercropping of soybean cultivars with Urochloa. Pesqui Agropecuária Trop. 2014;44:119-26. https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200007

Kluthcouski J, Cobucci T, Aidar H, Yokoyama LP, Oliveira IP de, Costa JL da S, Silva JG da, Vilela L, Barcellos A de O, Magnabosco C de U. Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. 2000.

Lima SF, Timossi PC, Almeida DP, da Silva UR. Palhada de braquiária ruziziensis na supressão de plantas daninhas na cultura da soja. Rev Agrar. 2014;7:541-51

Nascente AS, Stone LF. Cover Crops as Affecting Soil Chemical and Physical Properties and Development of Upland Rice and Soybean Cultivated in Rotation. Rice Sci. 2018;25:340-9. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.10.004

Oliveira I., Kluthcouski J, Yokoyama L, Dutra LP, de Portes TA. Sistema Barreirão recuperação renovação de pastagens. 1996.

Pacheco LP, Leandro WM, Machado PLO de A, Assis RL de, Cobucci T, Madari BE, Petter FA. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. Pesqui Agropecuária Bras. 2011;46:17-25. https://doi.org/10.1590/S0100204X2011000100003

Silva AP da, Babujia LC, Franchini JC, Ralisch R, Hungria M, Guimarães M de F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. Soil Tillage Res. 2014;142:42-53. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.04.006

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos do Solo em Sistemas Integrados de Produção - Uma Revisão Integrativa

Jonatas Fermino Langame [1] Alexandra Scherer [2]

[1]Estudante de Engenharia agronômica, Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Av. Paris, 675, 674 - Parque Res. Joao Piza, Londrina - PR, 86041-120 jj.langame@gmail.com; [2] Dra. Agronomia, Professora, UNOPAR, ascherer2000@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da produção de alimentos e a preocupação com a sustentabilidade, há a necessidade de uso intensivo e ao mesmo tempo sustentável de áreas agrícolas. Sendo assim, os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) aparecem como alternativa sustentável e produtiva. O ILPF é uma forma de produção diversificada com rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas dentro de uma mesma área, além do pastoreio e produção de derivados de espécies arbóreas. Porém, os ganhos não são apenas econômicos, mas também deve-se salientar as melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (ALVARENGA; NOCE, 2005).

Neste contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias de manejo do ILPF se faz necessário, exigindo uma maior investigação científica. Com o objetivo de compreender um tema de maneira profunda, replicar metodologias e mitigar erros, a busca da literatura sobre uma área de estudo se torna primordial para uma pesquisa (ROUSSEAU; ROUSSEAU, 2017).

A revisão integrativa tem a finalidade de reunir e sintetizar resultados de pesquisa sobre um determinado tema, de maneira sistemática e ordenada, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento (ROMAN; FRIEDLANDER, 1998).

Além disso, a revisão integrativa inclui a análise de pesquisas relevantes que dão suporte para a tomada de decisão (BENEFIELD, 2003), permitindo a síntese do conhecimento de um assunto, podendo, também, apontar lacunas que precisam ser preenchidas com a realização de novos estudos (POLIT; BECK, 2006).

O objetivo deste trabalho foi reunir, por meio de revisão integrativa, artigos científicos que tratam dos temas relacionados aos atributos do solo em sistemas integrados de produção.

## MÉTODOS

As etapas de execução do trabalho foram: estabelecimento da questão norteadora; pesquisa, seleção e obtenção dos artigos, seguindo critérios de inclusão e exclusão; e por fim, a avaliação dos artigos.

A questão norteadora foi definida como: é possível detectar quais temas estão sendo mais abordados nos trabalhos publicados recentemente, os quais abrangem atributos do solo em sistemas de produção integrados.

O passo seguinte foi a seleção e obtenção dos artigos. A busca foi delimitada da seguinte maneira: apenas artigos originais (descartado teses e dissertações) e possuir disponibilidade eletrônica completa; publicado no intervalo de 2010 a 2020; apenas publicações brasileiras, visto que os solos brasileiros diferem de outros países; estar dentro da grande área Ciências Agrárias; apenas no vernáculo local.

A busca dos artigos foi realizada no período de 11 a 13 de agosto de 2020. Para a busca foi utilizado a base de dados SciELO. Neste processo foi utilizado palavras-chave e operadores lógicos booleanos, conforme pode ser observado na **Tabela 1**. A busca resultou em 60 artigos. O próximo passo foi a exclusão de duplicatas, o que diminuiu o total para 44 artigos. Após isso, foi efetuado a leitura superficial em busca de artigos que compõem a questão norteadora. Neste caso, foram excluídos artigos cujo tema era "saúde animal"; "produtividade"; "controle de plantas espontâneas e fitopatológicos"; "comunidade de artrópodes"; "banco de sementes"; e "produção e biomassa da serapilheira"; desta maneira, reduziuse para 26 o número total de artigos, sendo estes a composição do *corpus* para esta pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos biológicos do solo

Donato et al. (2019) verificaram que, na estação seca no Cerrado, o número de fungos produtores de fitase e do gênero *Penicillium* é maior, já na estação chuvosa os fungos produtores de fitase do gênero *Aspergillus* é maior. Já Fraga & Pereira (2012), apontaram o gênero *Penicillum* como o mais representativo ao avaliarem a diversidade e a sucessão da família *Trichocomaceae* em áreas com diferentes graus de antropização, também observaram que o maior número de unidades formadoras de colônia (UFCs) estavam na área menos impactada.

Holanda et al. (2015) e Souto et al. (2013) concluíram que, as taxas de liberação de CO2 para a atmosfera foram mais intensa no período noturno e durante épocas de precipitação pluviométrica alta e, que o fato do material ter baixa relação C:N, contribuiu para aumentar o processo de mineralização. De acordo com Silva et al. (2012), o carbono da biomassa microbiana do solo e a respiração basal de uma área de mata secundária foram maiores que o Sistema Agro Floresta (SAF) e uma área de agricultura anual, no verão. Porém, no inverno, o SAF apresentou quociente microbiano maior.

### Atributos físicos do solo

Segundo Barbosa et al. (2017), houve alterações benéficas em atributos físicos e hídricos do solo sob SAF já no primeiro ano. Assim como Assis et al. (2015), que observaram melhoria na qualidade física do solo em ILPF em relação à pastagem degradada. Segundo Pezzoni et al. (2012), a matéria orgânica proveniente da serapilheira foi responsável pela mesma melhoria em área silvipastoril. Porém, Martinkoski et al. (2017) concluíram que, devido ao aumento de microporosidade, uma área florestal se mostrou melhor do que um SAF na disponibilidade hídrica. Sartor et al. (2020), constataram que a resistência mecânica a penetração é maior próximo das árvores, em área silvipastoril, indicando efeito dos animais sobre tal atributo nos locais com mais sombra.

### Atributos químicos e fertilidade do solo

Conforme Camara et al. (2018), com o avanço do estágio da sucessão secundária em áreas com *Corymbia citriodora* há o aumento da concentração de Mn, C e N totais no solo, inclusive, o aumento das concentrações de N total e Mg na serapilheira. Assim como Lima et al. (2010), que

observaram maior aporte de biomassa no solo sob SAF com 10 anos quando comparado com outros sistemas, sendo que, se tornou equivalente à quantidade produzida em floresta nativa. Freitas et al. (2013) concluíram que, o maior aporte de biomassa e de nutrientes em área de agrossilvipastoril pode apresentar potencial de recuperação e manutenção de pastagens. Da mesma forma, Silva et al. (2013) concluíram que, a introdução de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras contribuiu para a melhoria de qualidade de pastagens degradadas.

Silva et al. (2015) ao estudarem o efeito da transposição de serapilheira na semeadura, observaram que tal método enriquece a área degradada a ser restaurada, além de aumentar a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. Bem como, Primo et al. (2018) concluíram que, o uso de fração folha da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga tem potencial para melhorar os atributos químicos de solos em fase de degradação. Contudo, Santos et al. (2010) observaram que, a adubação com esterco apresentou efeito residual sobre a produtividade do milho, em oposição à adubação com biomassa de gliricídia que não apresentou efeito residual significativo.

Paula et al. (2015) sugerem que, para culturas intercalares em SAF, a fertilidade pode aumentar a longo prazo com o uso de *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima*, isso se deve as altas taxas de produção de biomassa dessas espécies. Já Diel et al. (2014) concluíram que, ILPF com dois anos de implantação não é capaz de interferir marcadamente nas características química do solo, assim como na produtividade de soja.

### Matéria orgânica do solo

Conforme Cunha Neto et al. (2013), as tipologias das espécies de mimosa e eucalipto apresentaram maior taxa de decomposição em detrimento do povoamento de acacia, isso demonstra melhor eficiência de ciclagem de nutrientes. Correia et al. (2016) concluíram que, em locais com menor compactação do solo e menor abertura de dossel, o estoque de serapilheira é maior do que em áreas com características opostas. De acordo com Wendling et al. (2011), a derrubada do Cerrado para a introdução de ILPF contribui para o declínio dos teores de C e N no solo. Entretanto após 10 anos de implementação, ele apresenta potencial de restituição de C e N no solo. Da mesma forma, Rangel-Vasconcelos et al. (2012) observaram que, as fases do SAF sequencial de corte e trituração afetam os estoques das frações leves da matéria orgânica do solo.

Pegoraro et al. (2013) concluíram que, em solos sob eucalipto fertirrigado, em comparação com sistema convencional, os teores de carboidratos, lignina, aminoaçúcares, carbono orgânico total e nitrogênio total são maiores. Porém, ao compararem solo sob eucalipto com solo sob pastagem, Pegoraro et al. (2011) observaram que, os teores de carboidratos, relação hexoses/pentose, ácido murâmico, teores de glucosamina e galactosamina, foram menores na primeira área.

De acordo com Mateus et al. (2013), capoeiras formadas a partir de *Clidemia urceolata* acumularam menos serrapilheira e retendo mais umidade nos primeiros 15 anos, quando comparado com fragmento florestal de Mata Atlântica.

## CONCLUSÃO

Na literatura tem um número maior de artigos publicados com o tema atributos químicos e fertilidade do solo.

## REFERÊNCIAS

Alvarenga RC, Noce MA. Integração lavoura e pecuária. Documentos. Embrapa Milho e Sorgo. 2005; 47. 16p.

Assis PCR, Stone LF, Medeiros JC, Madari BE, Oliveira JDM, Wruck FJ. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2015; 19(4): 309-316.

Barbosa JS, Silva KCR, Carducci CE, Santos KL, Kohn LS, Fucks JS. Atributos físico-hídricos de um cambissolo húmico sob sistema agroflorestal no Planalto Catarinense. Floresta e Ambiente. 2017;24:20-7.

Benefield LE. Implementing evidence-based practice in home care. Home Healthc Nurse. 2003; 21(12):804-11.

Camara R, Silva VD, Delaqua GCG, Lisbôa CP, Villela DM. Relação Entre Sucessão Secundária, Solo E Serapilheira Em Uma Reserva Biológica No Estado Do Rio De Janeiro, Brasil. Ciência Florestal. 2018;28(2): 674-686.

Correia GGS, Martins SV, Neto AM, Silva KA. Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em floresta atlântica de tabuleiro no sudeste brasileiro. Rev Arvore. 2016;40(1):13-20.

Cunha Neto FV, Santos Leles PS, Pereira MG, Bellumath VGH, Alonso JM. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. Cienc Florestal. 2013;23(3):379-387.

Diel D, Behling M, Neto ALF, Isernhagen ECC. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura pecuária foresta. Pesqui Agropecu Bras. 2014;49(8):639-647.

Donato A, Maia TF, Conto T, Pereira MG, Fraga ME. Micobiota produtora de fitase isolada de solo e serapilheira do bioma Cerrado. Cienc Florestal. 2019;29(3):1270-1281.

Fraga ME, Pereira MG. Diversidade de Trichocomaceae Isolada de Solo e Serrapilheira de Floresta Atlântica. Floresta e Ambiente. 2012;19(4):405-413.

Freitas ECS, Neto SNO, Fonseca DM, Santos MV, Leite HG, Machado VD. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. Rev Arvore. 2013;37(3):409-417.

Holanda AC, Feliciano ALP, Marangon LC, Freire FJ, Holanda EM. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. Rev Arvore. 2015;39(2):245-254.

Lima SS, Leite LFC, Aquino AM, Oliveira FC, Castro AAJF. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. Rev Árvore. 2010;34(1):75-84.

Martinkoski L, Vogel GF, Jadoski SO, Watzlawick LF. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. Floresta e Ambiente. 2017;24.

Mateus FA, Miranda CC, Valcarcel R, Figueiredo PHA. Estoque e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na mata Atlântica. Floresta e Ambiente. 2013;20(3):336-343.

Paula PD, Campello EFC, Guerra JGM, Santos GA, Resende AS. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas Gliricidia sepium e Acacia angustissima em um sistema agroflorestal. Cienc Florestal. 2015;25(3):791800.

Pegoraro RF, Silva IR, Novais RF, Barros NF, Fonseca S. Fenóis derivados da lignina, carboidratos e aminoaçúcares em serapilheira e solos cultivados com eucalipto e pastagem. Rev Arvore. 2011;35(2):359-370. Pegoraro RF, Silva IR, Novais RF, Barros NF, Fonseca

S. Fenóis derivados da lignina, carboidratos e aminoaçúcares em serapilheira e solos cultivados com eucalipto em sistemas convencional e fertirrigado. Rev Arvore. 2013;37(3):519-529.

Pezzoni T, Vitorino ACT, Daniel O, Lempp B. Influência de Pterodon emarginatus Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de Brachiaria decumbens Stapf em sistema silvipastoril. Cerne. 2012;18(2):293-301.

Polit DF, Beck CT. Using research in evidence--based nursing practice. In: Polit DF, Beck CT, editors. Essentials of nursing research. Methods, appraisal and utilization. Philadelphia (USA): Lippincott Williams & Wilkins. 2006; p.457-94.

Primo AA, Melo MD, Pereira GAC, Silva LA, Fernandes FÉP, de Souza HA. Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. Rev Ceres. 2018;65(1):74-84.

Rangel-Vasconcelos LGT, Kato OR, Vasconcelos SS. Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira. Pesqui Agropecu Bras. 2012;47(8):1142-1149.

Roman AR, Friedlander MR. Revisão integrativa de pesquisa aplicada à enfermagem. Cogitare Enferm. 1998; 3(2):109-12.

Rousseau S, Rousseau R. Being metric-wise: Heterogeneity in bibliometric knowledge. El profesional de la información. 2017; 26(3), 480-487.

Santos AF, Menezes RSC, Fraga VS, Pérez--Marin AM. Eeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. Rev Bras Eng Agric e Ambient. 2010;14(12):1267-1272.

Sartor LR, Ramão J, Silva VP, Cassol LC, Brun EJ. Resistência mecânica do solo à penetração em sistema silvipastoril após onze anos de implantação. Cienc Florestal. 2020;30(1):231-241.

Silva AB, Junior MAL, Junior JCBD, Figueiredo MVB, Vicentin RP. Estoque de serrapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de Brachiaria decumbens após a implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. R. Bras. Ci. Solo. 2013;37:502-511.

Silva KA, Martins SV, Neto AM, Campos WH. Semeadura Direta Com Transposição De Serapilheira Como Metodologia De Restauração Ecológica. Rev Arvore. 2015;39(5):811-820.

Silva MSC, Silva EMR, Pereira MG, Silva CF. Estoque de serapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. Floresta e Ambiente. 2012;19(4):431-441.

Souto PC, Souto JS, Santos RV, Bakke IA, Sales FCV, Souza BV. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de Caatinga. Cerne. 2013;19(4):559-565.

Wendling B, Jucksch I, Mendonça ES, Vinhal--Freitas IC. Mudanças no carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrossilvipastoril. Cienc Florestal. 2011;21(4):641-653.

Tabela 1. Palavras-chave e operadores lógicos booleanos[1] utilizados no processo de busca de artigos. Sendo que, a formação da busca se deu conforme exemplo: (ti:(serapilheira OR serrapilheira)) AND (ab:(atributos OR "matéria orgânica" OR "carbono orgânico")).

| Título: Palavras-chave utilizadas na busca | AND Resumo: Palavras-chave utilizadas na busca | Nº de artigos encontrados |
|---|---|---|
| Serapilheira OR Serrapilheira | Solo | 23 |
| Serapilheira OR Serrapilheira | Agrofloresta OR Agroflorestal | 2 |
| Serapilheira OR Serrapilheira | Atributos OR "Matéria Orgânica" OR "Carbono Orgânico" | 11 |
| Agrofloresta OR Agroflorestal | Solo OR Solos OR Atributos | 5 |
| Agrofloresta OR Agroflorestal | Serapilheira OR Serrapilheira OR "Matéria Orgânica" OR "Carbono Orgânico" | 2 |
| Integração Lavoura Pecuária Floresta OR Integração Lavoura-Pecuária-Floresta | Solo OR Solos OR Atributos OR "Matéria Orgânica" OR "Carbono Orgânico" OR Serapilheira OR Serrapilheira OR Manejo | 3 |
| Silvipastoril OR Agrossilvipastoril OR Agropastoril | Solo OR Solos | 9 |
| Silvipastoril OR Agrossilvipastoril OR Agropastoril | Serapilheira OR Serrapilheira OR "Matéria Orgânica" OR "Carbono Orgânico" | 5 |

[1]Operador lógico booleano AND: tem a função de 'E', onde todos os termos da busca devem constar no resultado. Operador lógico booleano OR: tem a função 'OU', onde no mínimo um dos termos da busca deve constar no resultado.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos do solo, biomassa radicular e sua sazonalidade em uma biossequência vegetativa (cerrado-cerradão-floresta) em Humaitá, Amazonas

Elilson Gomes de Brito Filho[1]; Milton César Costa Campos[2]; Marcos Gervásio Pereira[3]; Maria Clécia Gomes Sales[4]; José Maurício da Cunha[5]; Guilherme Abadia da Silva[6]; Wanderson Farias Silva Junior[3]; Romária Gomes de Almeida[4]

[1]Estudande de Agronomia, Universidade Federal do Amazonas, rua 29 de agosto, 579, Humaitá-Amazonas, 69800-000, bfsambiente@gmail.com; [2]Docente do centro de ciências agrárias; Universidade Federal da Paraíba; [3]Docente Instituto de Agronomia; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; [4]Mestranda em Agronomia; Universidade Federal do Amazonas; [5]Docente; Universidade Federal do Amazonas; [6]Estudante de Ciências: biologia e química; Universidade Federal do Amazonas

## INTRODUÇÃO

A Amazônia apresenta fitofisionomias variando desde savanas a cerrados, com predomínio das florestas, nas suas mais variadas formas, estando aquelas intimamente associadas ao clima e ao solo. destacam que A diversidade fitofisionômica, segundo Yimer et al. (2006) relaciona-se a variação das características edáficas. Verifica-se assim uma associação relação entre o tipo de vegetação e os atributos do solo sobre o qual essa vegetação ocorre (FRESCHET et al., 2017).

Os solos amazônicos são caracterizados, na sua maioria, pela baixa disponibilidade de nutrientes, sendo sua fertilidade mantida, principalmente, devido aos processos geoquímicos e bioquímicos. Segundo Costa et al. (2017), a qualidade desses atributos propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais e a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo. Nesse processo, a quantificação de alterações nos atributos químicos e físicos do solo é um fator de destaque que tem sido utilizado para monitorar a qualidade dos solos.

Desta forma, o conhecimento sobre os atributos edáficos em uma dada área pode permitir o manejo mais racional e sustentável da produtividade, bem como predizer algumas características da floresta, uma vez que a vegetação e o solo estão conectados (COUTINHO et al., 2017).

Considerando que o bioma amazônico está localizado nos trópicos, sendo observado verão e inverno intensos, a inserção da componente sazonalidade é de suma importância para o entendimento dos fatores que influenciam na diversificação dos ambientes (WEST et al., 2004). Logo, objetivou-se avaliar os atributos do solo, biomassa radicular e o efeito da sazonalidade em uma biossequência vegetativa no sul da Amazônia ocidental.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma biossequência composta por vegetação de menor densidade (cerrado), uma área de cerradão e de

floresta (mais densa), que estão localizadas no município de Humaitá, Sul do estado do Amazonas, as margens da BR - 319, em área pertencente ao 54º Batalhão de Infantaria de Selva do Exército Brasileiro (Figura 1).

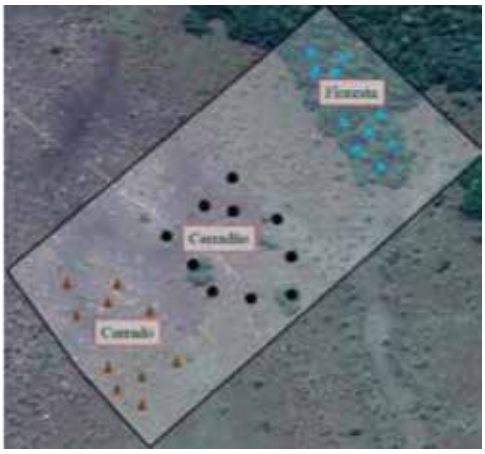



Figura 1. Sul do Amazonas no período de abril/2018 a março/2019.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), o período chuvoso ocorre entre outubro e março e o seco entre junho e agosto, considerando o restante dos meses como período de transição (Figura 2).

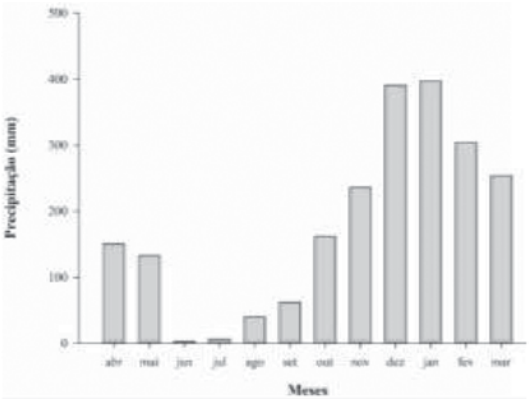



Figura 2. Valores de precipitação total de abril de 2018 a março de 2019, obtidos na estação climatológica do município de Humaitá – AM.

Foram coletadas 10 amostras deformadas (torrões) e indeformadas (anel volumétrico) em cada área em dois períodos: seco (junho/2018) e chuvoso (dezembro/2018), nas camadas de 0,0–0,05; 0,05 – 0,15; 0,15–0,30 m. As amostras foram secas à sombra e levemente destorroadas de forma manual, passando todo material por uma peneira com malha de 2,00 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), para a realização das análises físicas e químicas do solo, a saber: pH em água, acidez potencial, alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis, fósforo disponível, a partir dos valores obtidos foram determinados a capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%). Quantos aos atributos físicos foram determinados a macro, micro, porosidade total, umidade gravimétrica, densidade do solo e os teores de areia, silte e argila. A biomassa radicular foi determinada por flotação pelo método de Schuurman & Goedewaagen (1971).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e ao teste de Tukey, para comparação das médias das áreas nas diferentes profundidades, teste T de Student, para a comparação das médias entre os períodos, ambos no nível de 5 % de significância, assim como análise de componentes principais (ACP) avaliando as relações de intra e interpescífica das variáveis com os ambientes.

Quanto ao carbono orgânico do solo (Tabela 1), os maiores valores foram verificados na área de floresta, Mantovanelli et al. (2015), justificam esse padrão em função da maior deposição e ambiente biologicamente mais favorável para a decomposição de material orgânico em superfície, que é intensificada devido ao aporte de resíduos vegetais mais lignificados.

Avaliando as médias da biomassa do sistema radicular nos diferentes ambientes estudados (Tabela 2) pode-se notar que na segunda camada (0-15 cm) a maior intensidade de raízes na área de cerrado pode ser atribuída a esse bioma apresentar uma menor fertilidade natural

em comparação aos demais (cerradão e floresta), em função dessa característica os vegetais tendem a expandir mais suas raízes em busca de nutrientes (BRAGA et al., 2017).

Pelas representações gráficas das componentes apresentadas na figura 3, é possível verificar que independente da sazonalidade a relação da biomassa radicular com o ambiente de cerrado e o teor de areia, Esse resultado corrobora com o de Vasconcelos et al. (2003) que constataram elevado crescimento radicular na cultura do milho em solo com teor de 630 g $kg^{-1}$ de areia.

Na área de cerradão foi observada uma maior correlação desta com os atributos químicos do solo, em ambos os períodos, Esse padrão pode ser um indicativo da maior eficiência da ciclagem e rápida disponibilidade de nutrientes para o solo, podendo ser justificado pela maior diversidade da vegetação deste ambiente (BOER et al,, 2007).

## CONCLUSÕES

Os valores de Ds e teor de Al apresentam uma maior relação com o ambiente de floresta, Para a fração areia e a biomassa radicular essa associação foi observado para o ambiente de cerrado, Quanto os demais atributos, principalmente os químicos, verifica-se uma maior relação com o ambiente de cerradão, A ACP mostrou que o período chuvoso juntamente com o solo arenoso favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular da vegetação das plantas no cerrado.

## REFERÊNCIAS


Boer CA, Assis RLD, Silva GP, Braz AJBP,, Barroso, ALD, Cargnelutti Filho A, Pires FR, Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado, Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, 2007;42:1269-1276, https://doi,org/10,1590/S0100-204X2007000900008

Braga EO, Rocha AES, Neto SVC, Lima TTS, Costa L, GS, Miranda IS, Biomassa e sazonalidade das raízes finas em savanas da Amazônia Oriental, Pesquisa Florestal Brasileira, 2017;37:475-483, https://doi,org/10,4336/2017,pfb,37,92,1382

Coutinho FS, Pereira MG, Menezes CEG, Guareschi, RF, Assunção SA, Atributos edáficos em áreas de agricultura, pastagem e três estágios sucessionais de Floresta, Floresta e Ambiente, 2017;24:1-11, https://doi,org/10,1590/2179-8087,091914

Freschet GT, Valverde-Barrantes OJ, Tucker CM,, Craine JM, Mccormack ML, Violle C, Bonis A, Climate, soil and plant functional types as drivers of global fine-root trait variation, Journal of Ecology, 2017;105:1182-1196, https://doi,org/10,1111/1365-2745,12769

Lima LA, Oliveira FDA, Alves RC, Linhares PSF, Medeiros AMA, Bezerra FMS, Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação, Revista agro@mbiente on-line, 2015;9:27-34,

Mantovanelli BC, Silva DAP, Campo MCC, Gomes R, PG, Soares MDR, Santos LAC, Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas, Revista de Ciências Agrárias, 2015:58:122-130,

Nobre, RG, Lima, GS, Gheyi HR,, Soares LAA, Silva, AO, Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio, Revista Caatinga, 2014;27:148-158,

Schuurman, JJ, Goedewaagen, MAJ, Methods for the Examination of Root Systems and Roots: Methods in use at the Institute for Soil Fertility for EcoMorphological Root Investigations, 2nd Edn, Wageningen: Centre for agricultural publishing and documentation, 1971,

Skaraboto FF, Lopes RAP, Pereira GS, Silva RV, Influência do tipo de preparo nas propriedades físicas do solo e da cultura da mandioca (eu-

phorbiaceae), Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, 2018, 34: 269-281,

Vasconcelos ACM, Casagrande AA, Perecin D,, Jorge LAC, Landell MGA, Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos, Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003;27:849-858, https://doi,org/10,1590/S0100-06832003000500009 West JB, Espeleta JF, Donovan LA, Fine root production and turnover across a complex edaphic gradient of a Pinus palustri: Aristida stricta savanna ecosystem, Forest Ecology and Management, 2004;189:397-406 https://doi,org/10,1016/j,foreco,2003,09,009

Yimer F, Ledin S, Abdlkadir, A, Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia, Geoderma, 2006;135:335-344, https://doi,org/10,1016/j,geoderma,2006,01,005

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo em ambientes de cerrado, cerradão e floresta em período seco e chuvoso na região sul do Amazonas,

| Ambientes | Camada | pH | CO | $Al^{3+}$ | H+Al | P | K | Ca | Mg | SB | CTC | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | g,kg$^{-1}$ | ---cmol$_c$,kg$^{-1}$--- | | mg,kg$^{-1}$ | ----------cmol$_c$,kg$^{-1}$---------- | | | | | % |
| | m | | | | | Período Seco | | | | | | |
| Cerrado | 0,00-0,05 | 4,29aA | 26,85aA | 6,30aA | 10,93aA | 7,75aB | 0,13aA | 0,31aA | 0,07aA | 0,51aB | 11,44aA | 4,27aB |
| Cerradão | | 4,43aA | 34,04aA | 5,28aA | 11,18aA | 10,48aB | 0,20aA | 0,31aA | 0,30aA | 0,81aA | 11,99aA | 6,76aB |
| Floresta | | 4,32aA | 30,97aA | 4,85aA | 13,38aA | 10,48aB | 0,20aA | 0,22aA | 0,22aA | 0,60aB | 13,98aA | 4,29aA |
| Cerrado | 0,05-0,15 | 4,50abA | 22,10aA | 4,50aA | 11,08aA | 5,97aB | 0,07aB | 0,25aA | 0,06aA | 0,38aA | 11,46aA | 3,31aB |
| Cerradão | | 4,84aA | 20,35aA | 4,23aA | 11,08aA | 7,92aB | 0,11aB | 0,22aA | 0,11aA | 0,44aA | 11,52aA | 3,82aB |
| Floresta | | 4,51bA | 24,89aA | 4,83aA | 10,30aA | 10,70aA | 0,14aA | 0,25aA | 0,16aA | 0,55aA | 10,85aA | 5,06aA |
| Cerrado | 0,15-0,30 | 4,58aA | 18,79abA | 5,93aA | 8,90aA | 4,71aA | 0,05aA | 0,28aA | 0,06aA | 0,39aA | 9,29abA | 4,19aA |
| Cerradão | | 4,86aA | 15,46bA | 5,28aA | 8,68aA | 5,90aA | 0,08aB | 0,16bA | 0,06aA | 0,30aA | 8,98aA | 3,34aA |
| Floresta | | 4,60aA | 22,07aA | 4,95aA | 9,55aA | 8,98aA | 0,12aA | 0,22abA | 0,11aA | 0,45aA | 10,00bA | 4,50aA |
| | m | | | | | Período Chuvoso | | | | | | |
| Cerrado | 0,00-0,05 | 4,32aA | 16,28aB | 6,15aA | 8,55aA | 8,44bA | 0,14aA | 0,22aB | 0,07aA | 0,43aA | 8,98aB | 4,79aA |
| Cerradão | | 4,29aA | 16,46aA | 5,52aA | 9,43aA | 12,49aA | 0,18aA | 0,19aA | 0,18aA | 0,55aA | 9,98aB | 5,51aA |
| Floresta | | 4,43aA | 25,53aB | 4,74aA | 11,45aA | 11,78abA | 0,19aA | 0,19aB | 0,19aB | 0,57aA | 12,02aA | 4,74aA |
| Cerrado | 0,05-0,15 | 4,51bA | 14,01aB | 4,86aA | 7,45aA | 6,21bA | 0,08bA | 0,22aB | 0,06bA | 0,36abA | 7,81aA | 4,60abA |
| Cerradão | | 4,50bA | 12,40aB | 6,35aA | 8,25aA | 7,63aA | 0,10aA | 0,12aB | 0,06bB | 0,28bA | 8,31bB | 3,36bA |
| Floresta | | 4,84aA | 16,52aA | 4,46aA | 8,40aA | 10,36aA | 0,20aA | 0,22aA | 0,11aB | 0,53aB | 8,41abB | 6,30aB |
| Cerrado | 0,15-0,30 | 4,74aA | 16,38aA | 4,29aA | 6,55aA | 4,95abA | 0,07bA | 0,22aB | 0,06bA | 0,35aB | 6,90aB | 5,07abB |
| Cerradão | | 4,35aA | 10,13aA | 6,77aA | 7,25aA | 4,76bA | 0,08abA | 0,12aA | 0,06bB | 0,26bA | 7,51aB | 3,55bA |
| Floresta | | 4,58aA | 17,50aB | 3,13aA | 6,50aA | 8,40aB | 0,16aA | 0,22aB | 0,07aA | 0,45aA | 6,95aB | 6,47aA |

CO: Carbono orgânico*: alumínio trocável; H + Al: acidez potencial, Médias no mesmo período, seco ou chuvoso, com letras minúsculas iguais na coluna, não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; médias entre períodos seco e chuvoso com letas maiúsculas diferentes se diferem estatisticamente pelo teste t student a 5% de probabilidade.

**Tabela 2**. Valores médios do aporte de biomassa do sistema radicular em ambientes de cerrado, cerradão e floresta em período seco e chuvoso na região sul do Amazonas.

| Estatística descritiva | Cerrado | Cerradão | Floresta |
|---|---|---|---|
| | | g,dm$^{-3}$ | |
| | Seco | | |
| | Camada (0,00 – 0,05 m) | | |
| Média (n= 4) | 1,40bB | 2,89aB | 2,04abB |
| | Camada (0,05 – 0,15 m) | | |
| Média (n= 4) | 3,28aB | 2,61bA | 2,64bA |
| | Camada (0,15 – 30 m) | | |
| Média (n= 4) | 1,11abB | 1,56aA | 1,78aA |
| | Chuvoso | | |
| | Camada (0,00 – 0,05 m) | | |
| Média (n= 4) | 5,00aA | 3,45bA | 3,47bA |
| | Camada (0,05 – 0,15 cm) | | |
| Média (n= 4) | 3,70aA | 1,68bB | 1,55bB |
| | Camada (0,15 – 0,30 m) | | |
| Média (n= 4) | 2,67aA | 1,42bB | 0,75cB |

N: número de amostras; médias entre ambientes seguidas de letras diferentes se diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; médias entre períodos com letas maiúsculas diferentes se diferem estatisticamente pelo teste t Student a 5% de probabilidade.

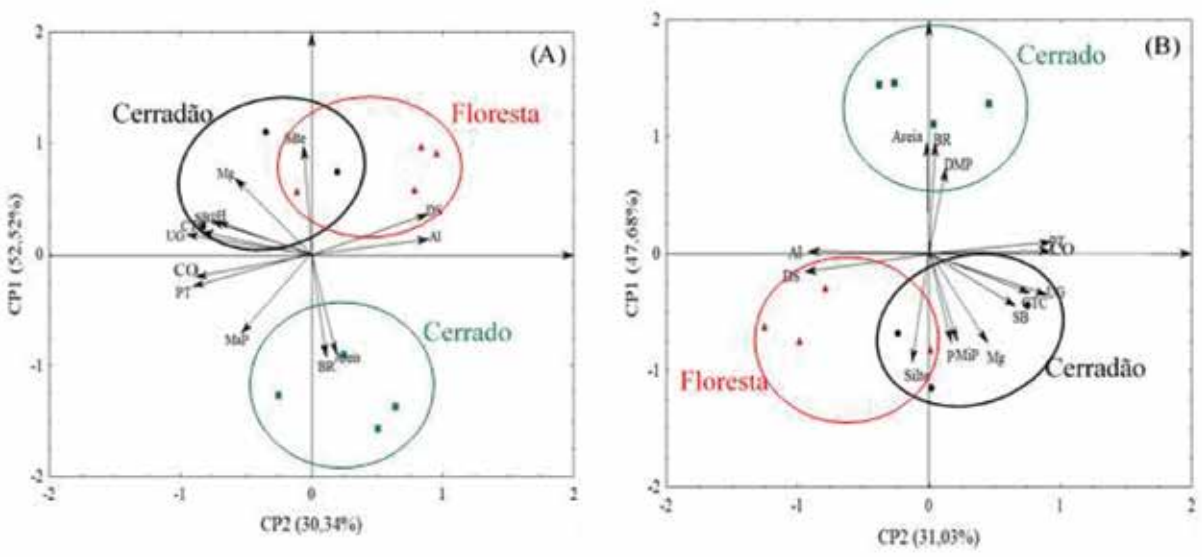



**Figura 3**. Análise dos componentes principais dos atributos do solo e biomassa radicular em área de cerrado, cerradão e floresta: (A) Período chuvoso; (B) Período Seco, CP1: Componente principal 1; CP2: Componente principal 2.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos físicos do solo em cultivo de alface sob diferentes sistemas de preparo e manejo do solo

Estéfany Pawlowski[1]; Bruna Vicente[2]; Bronildo Jose Wenzel[2]; Isabela Friedrich Ribas[2]; Larissa Werle[2]; Douglas Rodrigo Kaiser[3]

[1]Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, Rua Jacob Reinaldo Haupenthal, 1580, Cerro Largo-RS, CEP 97900-000, estefanypaw@hotmail.com; [2] Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo; [3] Prof. Dr. em Ciência do Solo, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo.

## INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças permanece enraizada ao sistema convencional com intensivo uso do solo. Neste âmbito, o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) surge como uma forma de transição do sistema de produção convencional para o de base agroecológica afim de propiciar a saúde de solo e de plantas (FAYAD et al., 2016).

Um dos grandes desafios na produção de hortaliças está na produção de biomassa vegetal para a manutenção da cobertura permanente do solo, responsável pela manutenção e/ou melhoria das suas propriedades químicas, biológicas e físicas, uma vez que a maior parte da biomassa, aérea e/ou subterrânea, é retirada por pertencer à parte consumível (MAFRA et al., 2019).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos de diferentes sistemas de preparo e manejo do solo sobre sua qualidade física e a produtividade de alface (*Lactuca sativa*).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Histórico da área e descrição dos tratamentos

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo-RS, em um Latossolo Vermelho com 583,2 g $kg^{-1}$ de argila; 92,7 g $kg^{-1}$ de areia e 324,02 g $kg^{-1}$ de silte na camada de 0 – 0,3 m. Em junho de 2018 foram construídos dez canteiros de 1,2 m de largura e 20 m de comprimento, por meio de uma encanteiradora com enxada rotativa. A seguir implantou-se a cultura do centeio (*Secale cereale*) seguido de crotalária (*Crotalaria juncea*) no dia 18/12/2018. Quando esta atingiu pleno florescimento foi realizada avaliação da massa seca (MS), a qual produziu 8,4 t $ha^{-1}$. Ao final de seu ciclo foram implantados quatro sistemas de manejo do solo, correspondentes aos tratamentos: Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH); Plantio Direto sem cobertura vegetal (PDsc); e Sistema de cultivo convencional com cobertura (SCc); e sem cobertura vegetal (SCsc).

Nos tratamentos SPDH e PDsc a biomassa da crotalária foi cortada rente ao solo e manti-

da sobre a superfície apenas em SPDH. As áreas destinadas ao preparo convencional passaram por um novo revolvimento com a encanteiradora. No SCsc o solo foi mantido sem cobertura, enquanto no SCc depositou-se sobre a superfície a mesma quantidade de resíduo de crotalária que no SPDH. Na sequência realizou-se o plantio da cultura do repolho (*Brassica oleraceae*) e da alface em sucessão. Os resultados aqui apresentados referemse ao período de cultivo da cultura da alface.

### Delineamento e parâmetros avaliados

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais. O plantio da alface, cultivar Mauren (tipo americana), se deu no dia 14/01/2020, com espaçamento de 0,3 m entre plantas e 0,5 m entre linhas. A adubação foi realizada seguindo as recomendações técnicas para a cultura (COFS-RS/SC, 2016). A umidade do solo foi monitorada nos primeiros 0,2 m do solo com aparelho TDR (*Time Domain Reflectometry*) numa frequência de duas a três vezes por semana. Durante o ciclo realizou-se a irrigação das parcelas por meio de fitas de gotejamento quando a umidade do solo se encontrava abaixo de 0,28 $m^3m^{-3}$ (80% da sua capacidade de campo).

A produção da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da massa seca da parte aérea (MSPA) da alface foi avaliada no dia 13/03/2020, totalizando 59 dias após o plantio (DAP). A seguir determinouse a densidade e a distribuição de poros nas camadas de 0 – 0,05, 0,05 – 0,1 e 0,1 – 0,2 m de profundidade por meio da coleta de amostras de solos com estrutura preservada com anéis de aço inox. O grau de compactação foi calculado dividindo-se a densidade de cada camada pela densidade máxima que esse solo pode atingir. A densidade máxima do solo utilizada para calcular o grau de compactação foi de 1,53 Mg $m^{-3}$ e foi determinada por ensaio de compressão uniaxial em outros estudos realizados na área (dados não publicados). As coletas e as análises laboratoriais foram realizadas de acordo com a metodologia padrão (TEIXEIRA et al., 2017).

A porosidade de aeração (PA) foi obtida, subtraindo da porosidade total a umidade volumétrica encontrada nos primeiros 0,2 m do solo para cada tratamento (LIBARDI, 2005). Os dados de resistência do solo à penetração (RP) foram estimados em função da densidade do solo e da umidade volumétrica por meio da equação:

$$RP = 0{,}07912\ Ds^{4{,}0123} \times \theta^{-1{,}9328}$$

em que RP é a resistência do solo à penetração (MPa), Ds é a densidade do solo (Mg $m^{-3}$) e $\theta$ é a umidade volumétrica ($m^3\ m^{-3}$) (KAISER et al., 2009). Para os valores de Ds e $\theta$ realizou-se a média dos valores encontrados na camada de 0 – 0,2 m do solo para cada tratamento.

### Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a avaliação de distribuição normal e análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas com o teste de Tukey a 5% de significância através do programa *Statistical Analisys System* (SAS).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores menores de densidade do solo foram observados nos tratamentos SCc e SCsc (**Tabela 1**). A porosidade total apresentou comportamento inverso à densidade quanto à diferenciação estatística. A microporosidade apresentou diferença entre os tratamentos na camada de 0 – 0,1 m, em que SCc apresentou os menores valores, diferindo de SPDH na camada de 0 – 0,05 m e de PDsc na camada de 0,05 – 0,1 m.

Para a macroporosidade SCc apresentou os maiores valores, diferindo de SPDH e PDsc na

camada de 0 – 0,1 m e apenas de PDsc na camada de 0,1 – 0,2 m (Tabela 1). O grau de compactação apresentou comportamento semelhante à densidade do solo quanto à diferença estatística.

Valores de densidade entre 1,4 – 1,6 Mg $m^{-3}$ são considerados críticos ao desenvolvimento de plantas para solos argilosos, bem como valores de grau de compactação acima de 86% tendem a ser prejudiciais ao desenvolvimento das culturas (REICHERT et al., 2003; LINDSTRON & VOORHEES, 1994). Desta forma, em todos os tratamentos, estes parâmetros não atingiram valores considerados restritivos para as plantas.

A umidade volumétrica do solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ao longo do ciclo da cultura (Figura 1). A uniformidade entre os diferentes manejos foi favorecida uma vez que a lâmina de água, composta pela precipitação pluvial mais irrigação, foi de 291,5 mm durante o ciclo da cultura. A umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo (CC) e acima do ponto de murcha permanente (PMP), havendo água disponível ao desenvolvimento das plantas durante todo o ciclo.

A porosidade de aeração do solo apresentou diferença entre os tratamentos apenas nos 3, 11 e 29 DAP, em que PDsc apresentou os menores valores, SCc os maiores e SCsc e SPDH apresentaram comportamento intermediário (Figura 2). Os valores de porosidade de aeração ficaram acima de 0,10 $m^3m^{-3}$ em todo o ciclo, indicando que não houve restrições ao processo de aeração da rizosfera das plantas (ERICKSON, 1982).

A resistência à penetração do solo apresentou os maiores valores para o PDsc e os menores valores para o SCc, que não diferiu estatisticamente de SPDH (Figura 3). Os valores de RP foram inferiores a 2 MPa ao longo de todo ciclo, indicando não haver restrições ao crescimento das raízes das plantas (TAYLOR et al., 1966). Rosim et al. (2012) encontraram menores valores de resistência à penetração quando a palha foi mantida sobre a superfície do solo, corroborando com os resultados aqui encontrados.

A MFPA (Tabela 2) apresentou o maior valor para o tratamento SPDH. O tratamento SCc não diferiu significativamente de SPDH e SCsc, e PDsc apresentou o menor valor, o qual diferiu significativamente dos demais tratamentos. A MSPA não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Resultados do presente estudo são semelhantes aos encontrados por Ziech et al. (2014) para MFPA, apresentando maiores valores de produtividade para os sistemas de manejo do solo sob plantio direto e com presença de palha deposta sobre a superfície do solo, comparado ao sistema convencional.

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo indicam que a densidade, a microporosidade e o grau de compactação diminuem com o aumento da mobilização e a presença de palha sobre o solo, enquanto a porosidade total e a macroporosidade comportaram-se inversamente.

A umidade volumétrica não é alterada pelos sistemas de preparo e manejo do solo.

A massa fresca da parte aérea e a porosidade de aeração apresentam os maiores valores para os tratamentos SPDH e SCc, e a resistência à penetração apresentou os menores valores para os mesmos tratamentos.

O tratamento SPDH promove condições físicas adequadas no solo e maior produtividade da alface.

**AGRADECIMENTOS**: CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS


CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 11ª ed. Porto Alegre: CQFS; 2016.

ERICKSON AE. Tillage effects on soil aeration. In. UNGER PW, van DOREN Jr DM, WHISLER FD, SKIDMORE EL, editores. Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. Madison: American Society of Agronomy; 1982, p. 91-104.

FAYAD JA, COMIN JJ, BERTOL I. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): O cultivo de tomate. Florianópolis: Epagri; 2016. (Boletim Didático, 131).

KAISER DR, REINERT DJ, REICHERT JM, COLLARES GL, KUNZ M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um latossolo sob Diferentes níveis de compactação. Rev Bras Ci Solo. 2009; 33: 845-855. https://doi.org/10.1590 /S0100-06832009000400009.

LIBARDI PL. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: EDUSP, 2005.

LINDSTRON MJ, VOORHEES WB. Response of temperate crops to soil compaction. In: SOANE BD, van OUWERKERK C, editores. Soil compaction in crop production. London: Elsevier; 1994. p. 265-286.

MAFRA AL, COMIN JJ, LANA MA, BITTENCOURT HH, LOVATO PE, WILDNER LP. Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: adequações do solo e práticas de cultivo. In: FAYAD JA, ARL V, COMIN JJ, MAFRA A.L, MARCHESI DR, organizadores. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças. Florianópolis: Epagri; 2019. p. 217-228.

REICHERT JM, REINERT DJ, BRAIDA JA. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência & Ambiente. 2003; 27: 29-48.

ROSIM DC, MARIA IC, SILVA RL, SILVA AP. Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. Bragantia. 2012; 71(4): 502-508. https://doi. org/10.1590/S0006-87052013005000003.

TAYLOR H.M, ROBERTSON G.M, PARKER J J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. Soil Science. 1966; 102: 18-22.

TEIXEIRA PC, DONAGEMMA GK, FONTANA A, TEIXEIRA WG. Manual de métodos de análise de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3ª ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa; 2017.

ZIECH ARD, CONCEIÇÃO PC, LUCHESE AV, PAULUS D, ZIECH MF. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. Rev Bras Eng Agríc Ambient. 2014; 18(9): 948-954. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v 18n09p948-954.

**Tabela 1:** Valores médios de densidade, distribuição de poros e grau de compactação.

| Camada (m) | SCc | SCsc | SPDH | PDsc | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Densidade do Solo (Mg m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,87 b | 0,89 b | 0,95 ab | 1,03 a* | 5,00 |
| 0,05 - 0,10 | 0,91 b | 0,92 b | 0,99 a | 1,04 a | 3,20 |
| 0,10 - 0,20 | 1,06 b | 1,23 ab | 1,15 ab | 1,27 a | 7,92 |
| **Porosidade Total (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,69 a | 0,68 a | 0,66 ab | 0,63 b | 2,73 |
| 0,05 - 0,10 | 0,68 a | 0,67 a | 0,65 b | 0,63 b | 1,80 |
| 0,10 - 0,20 | 0,62 a | 0,56 ab | 0,59 ab | 0,55 b | 5,88 |
| **Microporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,27 b | 0,27 ab | 0,34 a | 0,32 ab | 11,55 |
| 0,05 - 0,10 | 0,30 b | 0,31 ab | 0,32 ab | 0,33 a | 3,85 |
| 0,10 - 0,20 | 0,35 a | 0,39 a | 0,37 a | 0,39 a | 6,50 |
| **Macroporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,42 a | 0,41 a | 0,32 b | 0,31 b | 10,21 |
| 0,05 - 0,10 | 0,38 a | 0,36 ab | 0,33 bc | 0,30 c | 5,92 |
| 0,10 - 0,20 | 0,27 a | 0,17 ab | 0,22 ab | 0,15 b | 28,03 |
| **Grau de Compactação (%)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 57,01 b | 58,53 b | 62,27 ab | 67,94 a | 5,02 |
| 0,05 - 0,10 | 59,95 b | 60,58 b | 64,97 a | 68,51 a | 3,21 |
| 0,10 - 0,20 | 69,94 b | 80,82 ab | 75,77 ab | 83,56 a | 8,01 |

*Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

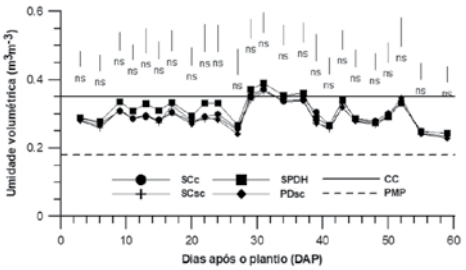



**Figura 1.** Umidade volumétrica do solo na camada de 0 – 0,2 m, durante o ciclo de alface.
Barras verticais representam a DMS (Tukey $P \leq 0,05$) (ns: não-significativo; *: significativo).

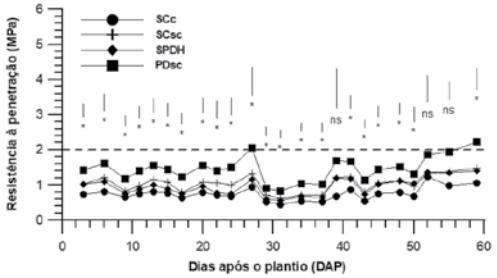



**Figura 3.** Resistência do solo à penetração, na camada de 0 – 0,2 m, durante o ciclo de alface.
Barras verticais representam a DMS (Tukey $P \leq 0,05$) (ns: não-significativo; *: significativo).

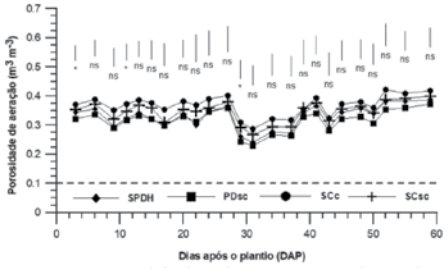



**Figura 2.** Porosidade de aeração do solo, na camada de 0 – 0,2 m, durante o ciclo de alface.
Barras verticais representam a DMS (Tukey $P \leq 0,05$) (ns: não-significativo; *: significativo).

**Tabela 2.** Produtividade média da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da massa seca da parte aérea (MSPA) de alface.

| Tratamentos | MFPA | | MSPA | |
|---|---|---|---|---|
| | ---------- Mg ha$^{-1}$---------- | | | |
| SPDH | 22,172 | a* | 1,301 | a |
| SCc | 22,087 | ab | 1,328 | a |
| SCsc | 19,049 | b | 1,370 | a |
| PDsc | 13,624 | c | 1,142 | a |

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos físicos do solo em sistema de cultivo reduzido e convencional de alho

Matheus Ferlin Grazziotin[1]; Bruno Cavalett do Nascimento[(1)]; Guilherme Coldebela[(1)]; Lucas Matheus Torezan[(1)]; Leandro Hahn[2]; Neuro Hilton Wolschick[(3)]

(1) Estudantes de Agronomia da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp). Endereço: Rua Onio Pedrassani, Centro, Caçador, SC. E-mail: matheusgrazziotin17@gmail.com (2) Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp. (3) Professor da Uniarp.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do alho sob sistema de manejo convencional do solo é caracterizado pelo revolvimento excessivo do solo, por ocasião do plantio, realizada aração e, posteriormente, destorroamento com enxada rotativa, essa prática pulveriza o solo e, consequentemente, sua causa a sua degradação física (BERTOL et al., 2001), química (ANDRADE et al., 2012) e biológica (D`ANDREA et al., 2002). A redução dos danos ocasionados pelo mau uso do solo pode ser alcançada utilizando-se o sistema de cultivo reduzido, com o mínimo revolvimento do solo, restrito à linha de plantio.

O sistema de manejo do solo adotado pode ter diferentes impactos na melhoria, manutenção ou perturbações na estrutura e fertilidade do solo, podendo resultar em compactação, que causará problemas na infiltração (BERTOL et al., 2014) e na disponibilidade de ar e água para as plantas (BRONICK & LAL, 2005), além de erosão hídrica do solo (SCHICK et al., 2017). Um solo com adequada estrutura apresentará agregados estáveis (WOLSCHICK et al., 2018) e melhor distribuição de poros e, por consequência, melhor infiltração de água (BERTOl et al., 2015). Alguns atributos relacionados a estrutura do solo, como a macro e microporosidade, a densidade, a presença e a estabilidade de agregados, bem como a resistência à penetração, são importantes na mensuração, para avaliar a influência do manejo nas características do solo e a relação dele com a planta (LUCIANO et al., 2014).

O objetivo da pesquisa foi avaliar densidade, porosidade e resistência à penetração do solo antes e depois do plantio do cultivo do alho, influenciado pelos manejos convencional e reduzido do solo, assim como pelas distintas coberturas antecessoras ao cultivo do alho.

## METODOLOGIA

A área da pesquisa está localizada na Estação Experimental da Epagri, localizada no município de Caçador, SC. O solo é classificado como Nitossolo Bruno distrófico típico. O experimento foi conduzido na safra 2019/2020 com cultivo de alho da cultivar Chonan. Os tratamentos foram organizados num esquema fatorial 3x2, compreendendo três espécies de plantas de cobertura, antecedente ao alho (milheto, crotalária e feijão) e dois sistemas de manejo do solo (sistema de

cultivo reduzido - SCR e sistema plantio convencional - SPC).

Dez dias após o plantio e cinco dias antes da colheita do alho avaliou-se a densidade, porosidade, estabilidade de agregados do solo e sua resistência à penetração. Para as avaliações de densidade e porosidade do solo, abriu-se uma mini-trincheira de 30 x 30 x 30 cm nas entrelinhas do alho em cada parcela e coletouse amostras indeformadas de solo com o auxílio de anéis volumétricos nas camadas de 0-5 e 1015 cm. No laboratório determinou-se a densidade do solo, a porosidade total, bem como a macro e microporosidade do solo, seguindo a metodologia descrita em EMBRAPA (1997). Com um segundo conjunto de amostras de solo indeformadas coletada em cada parcela, conforme descrito acima, analisou-se a estabilidade dos agregados do solo, conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997). A partir da massa de agregados calculou-se o diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados.

Nas parcelas experimentais determinou-se a resistência do solo à penetração mecânica com penetrômetro de impacto, modelo Stolf, com o qual realizou-se 10 medidas aleatórias por parcela, na profundidade de 0 a 40 cm. No mesmo momento coletou-se amostras de solo para determinação da umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste Tukey a 5%. Todas as análises foram implementadas usando o programa "R", versão 3.0.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo, avaliada 10 dias após o plantio do alho (Tabela 1), teve efeito do manejo do solo. O sistema de manejo reduzido apresentou valores em média de 1,16 kg $dm^{-3}$, enquanto no manejo convencional esse valor foi de 0,92 kg $dm^{-3}$ na média das plantas de cobertura e na camada de 0 a 10 cm de profundidade. O mesmo comportamento foi observado na camada de 10 a 20 cm de profundidade com valores de 1,02 e 1,12 kg $dm^{3}$, para o manejo reduzido e convencional, respectivamente, porém, sem efeito para o fator cobertura.

Na avaliação da densidade realizada na colheita (Tabela 2), a diferença entre os manejos permaneceu, no entanto, o fator cobertura também mostrou diferença, com menor densidade do solo dentro do manejo reduzido para a crotalária em relação ao milheto. Na camada de 10 a 20 cm de profundidade, houve diferença somente entre os manejos, seguindo a tendência do SPC apresentar uma densidade do solo menor em relação ao SCR. O revolvimento do solo quebra os agregados estruturais e diminui a densidade do solo, imediatamente após as operações mecânicas.

A porosidade total do solo não foi influenciada pelo manejo na camada superficial. No entanto, na camada de 10 a 20 cm de profundidade, os distintos manejos promoveram maior porosidade total no manejo convencional. Conforme Andrade et al. (2010), quando as condições estruturais de superfície do solo apresentam elevados teores de matéria orgânica, o solo se encontra numa condição estrutural estável. A diferença de porosidade total apresentada entre os manejos, são atribuídos ao manejo com aração profunda, o qual proporcionou revolvimento na camada de 10 a 20 cm.

Os macroporos do solo apresentaram diferença para o fator manejo, tanto na camada superficial, quanto na camada subjacente, no qual o manejo reduzido apresentou média de 13% do total de poros do solo no início da pesquisa. No final da pesquisa, este mesmo comportamento foi observado para a macroporosidade do solo. Importante salientar que os valores de macroporos considerados limites para o desenvolvimen-

to adequado das raízes, seriam abaixo de 10%, valor crítico este, determinado por Reynolds et al. (2002). A microporosidade do solo seguiu o mesmo comportamento dos macroporos, diferentes entre os manejos, e proporcionais aos valores de macroporos.

A resistência do solo à penetração seguiu o comportamento das demais análises físicas, apresentando diferença somente para o fator manejo, novamente evidenciando o efeito do revolvimento do solo no manejo convencional, o qual modifica a estrutura do solo deste, em relação ao manejo reduzido, tanto no início da pesquisa, quanto no final. Em relação à profundidade, quanto mais se aprofunda no perfil do solo, maior será a sua resistência a penetração, concordando com os resultados apresentados por Andrade et al. (2010). A estabilidade de agregados avaliada pelo DMP não teve efeito dos manejos e das plantas de cobertura.

## CONCLUSÕES

O manejo convencional do solo para cultivo de alho modifica atributos físicos do solo em comparação ao manejo reduzido, com menor densidade, resistência do solo à penetração e microporosidade e maior porosidade total e macroporosidade.

## AGRADECIMENTOS

À Uniarp, ao CNPq, à bolsa do Artigo 171 Pesquisa, Fundo de Apoio à Pesquisa da Uniarp (FAP) e à FAPESC.

## REFERÊNCIAS

Andrade AP, Mafra, AL, Picolla CD, Albuquerque JÁ, Bertol I.; Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. Ci Rural, 2012;42(5):814-821.

Bertol I. et al. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). Rev Bras Ci Solo, 2001;26:455-464.

Bertol I, Barbosa FT, Bertol C, Luciano RV. Water infiltration in two cultivated soils in Southern Brazil. Rev Bras Ci Solo, 2015;39:573-88, 2015.

Bertol I, Barbosa FT, Mafra ÁL, Flores M C. Soil water erosion under diferente cultivation systems and diferente fertilization rates and forms over 10 years. Rev Bras Ci Solo,2014;38(6):1918-1928.

Bronick CJ, Lal R. Soil structure and management: a review. Geoderma, 2005;124:3-22.

D'andréa AF, Silva MLN, Curi N, Siqueira JO, Carneiro MAC. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. Rev Bras Ci Solo, 2002;2:913- 923

Embrapa. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.

Luciano RV, Albuquerque JA, Mafra AL, Costa A, Grah EJ. Water storage variability in a vineyard soil in the southern highlands of Santa Catarina state. Rev Bras Ci Solo, 2014;38:82-93.

Schick J, Bertol I, Barbosa FT, Miquelluti DJ, Cogo, N.P. Water Erosion in a Long-Term Soil Management Experiment with a Humic Cambisol. Rev Bras Ci Solo,2017;41: e0160383.

Wolschick NH, Barbosa FT, Bertol I, Bagio B, Kaufmann DS. Long-term effect of soil use and management on organic carbon and aggregate stability. Rev Bras Ci Solo, 2018; 42. doi: https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170393

Tabela 1. Densidade (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), umidade gravimétrica (Ug), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e resistência a penetração do solo (Rp), dez dias após o plantio de alho sob distintos manejos e coberturas de solo.

| Manejo | Cobertura | Ds | Pt | Ma | Mi | Ug | DMP | Rp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg dm$^{-3}$ | ---------- % ---------- | | | | | Mpa |
| | ---------- 0 a 10 cm ---------- | | | | | | | |
| Convencional | Crotalária | 0,94 | 61,74 | 24,32 | 37,42 | 37,42 | 4,95 | 0,56 |
| | Feijão | 0,90 | 58,76 | 23,13 | 35,63 | 37,14 | 5,19 | 0,56 |
| | Milheto | 0,91 | 59,58 | 22,74 | 36,84 | 37,29 | 5,08 | 0,59 |
| | Média | 0,92 | 60,03 | 23,40 | 36,63 | 37,28 | 5,07 | 0,57 |
| Reduzido | Crotalária | 1,20 | 58,84 | 10,22 | 48,62 | 39,36 | 4,95 | 1,54 |
| | Feijão | 1,14 | 61,84 | 17,72 | 44,12 | 37,09 | 4,86 | 1,91 |
| | Milheto | 1,16 | 61,49 | 12,58 | 48,91 | 41,09 | 4,93 | 1,30 |
| | Média | 1,16 | 60,72 | 13,51 | 47,21 | 39,18 | 4,91 | 1,58 |
| | Média Geral | 1,04 | 60,37 | 18,45 | 41,92 | 38,23 | 4,99 | 1,08 |
| | CV (%) | 10,11 | 4,28 | 30,74 | 11,63 | 3,96 | 6,27 | 29,13 |
| F-Teste manejo | | ** | ns | * | * | ns | ns | ** |
| F-Teste cobertura | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | ---------- 10 a 20 cm ---------- | | | | | | | |
| Convencional | Crotalária | 1,02 | 61,02 | 18,92 | 42,10 | 40,12 | 4,64 | 1,01 |
| | Feijão | 1,02 | 64,19 | 22,42 | 41,78 | 39,98 | 5,03 | 0,57 |
| | Milheto | 1,02 | 63,59 | 21,45 | 42,14 | 40,26 | 4,95 | 1,12 |
| | Média | 1,02 | 62,94 | 20,93 | 42,01 | 40,12 | 4,87 | 0,90 |
| Reduzido | Crotalária | 1,21 | 58,51 | 9,57 | 48,94 | 39,32 | 5,42 | 2,835 |
| | Feijão | 1,18 | 61,54 | 13,42 | 48,12 | 39,87 | 4,84 | 2,745 |
| | Milheto | 1,24 | 59,21 | 7,74 | 51,47 | 40,67 | 4,98 | 2,54 |
| | Média | 1,21 | 59,75 | 10,24 | 49,51 | 39,95 | 5,08 | 2,70 |
| | Média Geral | 1,12 | 61,34 | 15,58 | 45,76 | 40,04 | 4,97 | 1,80 |
| | CV (%) | 3,17 | 2,78 | 15,18 | 3,22 | 1,52 | 6,89 | 23,16 |
| F-Teste manejo | | ** | * | * | ** | ns | ns | ** |
| F-Teste cobertura | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes mostram diferenças entre manejos dentro de cada cobertura e letras minúsculas diferentes mostram diferenças entre coberturas dentro de cada manejo. (** Tukey p<0,01; * Tukey p<0,05). ns - não significativo.

Tabela 2. Densidade (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), umidade gravimétrica (Ug), diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e resistência a penetração do solo (Rp), cinco dias antes da colheita de alho sob distintos manejos e coberturas de solo.

| Manejo | Cobertura | Ds | Pt | Ma | Mi | Ug | DMP | Rp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kg dm$^{-3}$ | % | | | | | Mpa |
| | | | 0 a 10 cm | | | | | |
| Convencional | Crotalária | 0,98Bns | 66,15 | 32,05 | 34,11 | 33,13 | 4,95 | 0,95 |
| | Feijão | 0,95B | 62,30 | 30,90 | 31,40 | 31,38 | 5,19 | 0,89 |
| | Milheto | 0,96B | 63,19 | 29,68 | 33,50 | 33,54 | 5,08 | 0,91 |
| | Média | 0,96 | 63,88 | 30,88 | 33,01 | 32,68 | 5,07 | 0,91 |
| Reduzido | Crotalária | 1,09Ab | 63,66 | 21,69 | 41,97 | 37,27 | 4,95 | 1,65 |
| | Feijão | 1,16Aab | 62,54 | 17,08 | 45,46 | 35,43 | 4,86 | 1,49 |
| | Milheto | 1,21Aa | 61,79 | 16,41 | 45,38 | 36,49 | 4,93 | 1,51 |
| | Média | 1,15 | 62,66 | 18,39 | 44,27 | 36,40 | 4,91 | 1,55 |
| | Média Geral | 1,06 | 63,27 | 24,64 | 38,64 | 34,54 | 4,99 | 1,23 |
| | CV (%) | 2,54 | 4,35 | 10,98 | 4,17 | 2,56 | 6,27 | 15,84 |
| F-Teste manejo | | ** | ns | * | ** | ** | ns | ** |
| F-Teste cobertura | | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | | | **10 a 20 cm** | | | | | |
| Convencional | Crotalária | 1,05 | 64,71 | 24,66 | 40,05 | 37,33 | 4,64 | 1,23 |
| | Feijão | 1,06 | 63,31 | 24,49 | 38,81 | 34,60 | 5,03 | 0,95 |
| | Milheto | 1,16 | 60,89 | 16,89 | 44,01 | 36,84 | 4,96 | 1,06 |
| | Média | 1,09 | 62,97 | 22,01 | 40,96 | 36,26 | 4,88 | 1,08 |
| Reduzido | Crotalária | 1,20 | 62,14 | 16,68 | 45,46 | 36,82 | 5,42 | 2,43 |
| | Feijão | 1,26 | 59,65 | 12,26 | 47,39 | 36,41 | 4,85 | 2,17 |
| | Milheto | 1,26 | 58,65 | 10,65 | 48,00 | 36,75 | 4,98 | 2,41 |
| | Média | 1,24 | 60,15 | 13,20 | 46,95 | 36,66 | 5,08 | 2,33 |
| | Média Geral | 1,16 | 61,56 | 17,61 | 43,95 | 36,46 | 4,98 | 1,71 |
| | CV (%) | 6,51 | 3,06 | 24,93 | 7,11 | 2,29 | 6,89 | 14,19 |
| F-Teste manejo | | ** | * | * | * | ns | ns | ** |
| F-Teste cobertura | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes mostram diferenças entre manejos dentro de cada cobertura e letras minúsculas diferentes mostram diferenças entre coberturas dentro de cada manejo. (** Tukey p<0,01; * Tukey p<0,05). ns - não significativo.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Atributos Químicos e Físicos do Solo de Bananais em Cultivo Orgânico Agroflorestal e Convencional no Sul do Brasil

Rodrigo Sávio Cadorin[1]; Thairine Evaldt Justo[2]; Jayle Velho dos Santos[2]; Leonardo Santos Martins[2]; Otávio dos Anjos Leal[3]

[1] Estudante, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense, Rua das Rosas s/n, Santa Rosa do Sul - SC, CEP 88965-000, rodrigocadorin@outlook.com; [2] Estudante, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense; [3] Pesquisador de Pós-Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

## INTRODUÇÃO

Em 2017, a população mundial atingiu 7,5 bilhões de pessoas e as projeções são de que este número será de 9,6 e 11 bilhões em 2050 e 2100, respectivamente, sendo a maioria deste crescimento populacional localizada em países em desenvolvimento, como o Brasil (UNITED NATIONS, 2013; FAO, 2019). Para alimentar a população mundial em 2050, faz-se necessário aumentar a produção de alimentos em 70% entre 2005 e 2050, sendo 90% deste aumento vindo de países emergentes (FAO, 2009).

Em particular, a demanda global por alimentos orgânicos cresce a cada ano. De fato, em termos globais, a área agrícola de orgânicos quintuplicou entre 1999 (11 milhões de ha) e 2016 (58 milhões de ha) e o mercado de produtos orgânicos passou de 15 para aproximadamente 90 bilhões de dólares no mesmo período (WILER; LERNOUD, 2018).

No Brasil, a agricultura orgânica tem crescido mais consistentemente após o decreto presidencial número 7.794 de 20 de agosto de 2012, o qual estabeleceu a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Segundo o Ministério da Agricultura, em 2016 haviam 11.650 produtores orgânicos e 750.000 ha certificados como "produção orgânica" no Brasil, equivalente a menos que 1% da área agrícola do país (IBGE, 2016).

Este cenário é desafiador se considerarmos que um terço dos solos do mundo estão degradados e perdendo potencial produtivo (WINGEYER et al., 2015). Ainda, a intensificação da agricultura deve ser conciliada com os ambientes naturais e a saúde do solo, de modo a permitir a produção sustentável de alimentos. Os atributos do solo são em geral sensíveis as mudanças ambientais e de uso da terra (USDA, 2015; SÁ et al., 2018; LEAL et al., 2019).

A Mata Atlântica (MA) representa a vegetação original predominante na região sul do Brasil. Atualmente, restam apenas 12,4% da área original de MA, porção distribuída de forma fragmentada pelo território nacional (SOS MATA ATLÂNTICA, INPE, 2019). Estes dados estão parcialmente associados à expansão da área urbana e agrícola, onde podemos destacar a cultura da banana. Em 2017, 533.323 ha foram destinados à bananicultura no Brasil, dos quais, 50.000 ha aproximadamente, localizados na região Sul (IBGE, 2019).

De forma a conciliar as necessidades de preservação da MA com produção e segurança alimentar, alguns agricultores da região Sul do Brasil vêm desenvolvendo a bananicultura de forma orgânica e integrada a espécies florestais nativas da MA. Atualmente, cerca de 300 bananicultores adotam esse sistema de produção na região do município de Torres - Rio Grande do Sul (GONÇALVES; MOTTER, 2015). Entender o comportamento de atributos físicos e químicos do solo nestes sistemas é crucial para que a área seja manejada adequadamente e entregue produtividades satisfatórias, uma vez que nestes sistemas, intervenções físicas de descompactação do solo e correção química do pH são pouco comuns e que a adubação basicamente restringe-se à orgânica.

O objetivo deste trabalho foi comparar o pH e atributos físicos do solo em bananal conduzido em sistema orgânico agroflorestal com dados de duas áreas adjacentes: bananal convencional e fragmento de MA.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo utilizadas neste projeto foram coletadas no município de Três Cachoeiras, Rio Grande do Sul. As amostras foram coletadas em três áreas distintas: bananal agroflorestal orgânico com 18 anos de implantação (AG), bananal convencional (CO) e fragmento de MA (MA). As cinco principais espécies arbóreas em AG são: Palmeira Juçara (*Euterpe edulis*), Coqueiro (*Syagrus romanzoffiana*), Goiabeira (*Psidium guajava*), Embaúba (*Cecropia Urticaceae*) e Cedro (*Cedrela fissilis Vell*) e as cinco principais espécies arbóreas em MA são: Palmeira Juçara (*Euterpe edulis*), Canela Amarela (*Nectandra lanceolata*), Capororoca (*Myrsine umbellata*), Uva Japão (*Hovenia dulcis*) e Licurana (*Hyeronima alchorneoides*). O solo das áreas de coleta é classificado como Nitossolo Vermelho (IBGE, 2002). Amostras deformadas de solo (três repetições) foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo, bem como amostras indeformadas de solo (cinco repetições). As amostras indeformadas foram coletadas com anéis volumétricos (143,7 $cm^3$). Após a coleta as amostras deformadas foram secas ao ar e passadas em peneira malha de 2 mm para determinação do pH em água (pH $H_2O$), SMP e da textura do solo (três repetições). Os dados de textura do solo são apresentados na **Tabela 1**. A partir da amostra de solo dos anéis volumétricos foram determinadas a densidade do solo (Ds), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV), porosidade total (Pt), espaço preenchido por ar (EA) e grau de saturação do solo (GS) (cinco repetições).

As análises foram realizadas no laboratório de solos do Instituto Federal Catarinense campus Santa Rosa do Sul seguindo procedimentos descritos em EMBRAPA (2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos dados obtidos em cada área foram comparadas por meio do teste de Tukey (5%). O programa SISVAR foi utilizado para processar as análises estatísticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, cabe salientar que este trabalho está inserido em um projeto mais amplo que visa avaliar a qualidade do solo no sistema agroflorestal orgânico e compara-la à qualidade de solos adjacentes (áreas CO e MA). O projeto foi recentemente premiado com o denominado "Training Awards", premiação concedida pela "International Humic Substances Society", realizado no Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Espanha. O estudo visa caracterizar estes solos quanto ao conteúdo e qualidade de matéria orgânica, o que permitirá maior aprofundamento dos dados aqui apresentados. De forma geral, as áreas MA, AG e CO fo-

ram bastante semelhantes quanto aos atributos químicos e físicos do solo avaliados no presente trabalho. Não houve diferença estatística entre as áreas para os atributos pH $H_2O$, Ds, Pt, EA e GS, independente da camada de solo avaliada (Tabela 2).

As diferenças observadas entre as áreas ocorreram nos atributos SMP, UG e UV. Quanto ao SMP, a diferença observada foi na camada de 10-20 cm, onde o SMP foi superior em AG comparado a MA, sendo que CO não diferiu de ambos (Tabela 2). Possivelmente, a área MA apresenta maior teor de matéria orgânica do solo, o que aumenta o poder tampão da acidez do solo, explicando estes resultados (SILVA et al., 2015). Entretanto, faz-se necessária a análise do teor de carbono do solo para melhor discussão. Na camada de 0-10 cm, a UG em CO foi 21% maior que em AG, enquanto MA não diferiu das mesmas. Na camada subjacente (10-20 cm), a UG em CO foi 23% maior que em MA, enquanto AG não diferiu das demais áreas (Tabela 2). Quanto a UV, a média em CO foi 13% superior do quem MA, já AG não diferiu de ambas na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, a UV nas áreas cultivadas (AG e CO) foi superior comparada a área MA (Tabela 2). Estes dados podem estar relacionados com a maior taxa de infiltração de água no solo nas áreas de bananais, principalmente em CO em comparação a área de MA. Possivelmente, AG e MA apresentam teor de matéria orgânica do solo superior a CO, favorecendo a microporosidade nesses solos. Combinado a este efeito, a copa das árvores e a serapilheira em AG, e especialmente em MA, retardam o contato da água da chuva com o solo, justificando os valores de UG e UV em CO (MARTINS; SANTOS, 2017). Os resultados sobre conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo a serem adquiridos nas próximas etapas deste trabalho poderão melhor elucidar estes resultados. Espera-se encontrar uma relação positiva entre o teor de matéria orgânica e os valores de umidade do solo reportados neste trabalho após maior contato da água retida pela copa das árvores e serapilheira com o solo (BARBOSA et al., 2019).

## CONCLUSÕES

Com base nos parâmetros até aqui avaliados, constatou-se que os solos sob bananal agroflorestal orgânico e convencional apresentaram atributos do solo comparáveis entre si e semelhantes à área de referência (MA).

Com a obtenção dos dados de teor de carbono do solo espera-se melhor elucidar os resultados aqui apresentados. Além disso, os dados de densidade do solo oriundos do presente trabalho serão utilizados para calcular os estoques de carbono do solo nas diferentes áreas de estudo. Com isso, objetiva-se uma avaliação mais ampla do impacto dos sistemas de cultivo de banana sobre a qualidade do solo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Sr. José Deoclecio Justo e a Sra. Marli Terezinha Evaldt Justo proprietários da área de estudo, também ao CNPq pela bolsa de Pós-Doutorado Júnior do autor Otávio dos Anjos Leal e ao Instituto Federal Catarinense pela disponibilização de seus laboratórios para serem feitas as análises.

## REFERÊNCIAS

Barbosa RA, Faria RS, Silveira LJ, Dias HCT, Pimenta LVA, Souza CM, Ferreira ACS. Variação temporal da umidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. Revista Ifes Ciência, v. 5, n. 2, dez/2019, p. 1123. doi:10.36524/ric.v5i2.443.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solo. EMBRAPA - CNPS, Rio de Janeiro. 2017.

Food and Agriculture Organization - FAO. Global agriculture towards 2050. High-level expert Fo-

rum. 2009.

Food and Agriculture Organization - FAO. Annual Population data. [Acessado em: 11 de jan. de 2019]. Disponível em: http://www.fao.org/.

Gonçalves AR, Motter C. Produção Ecológica de Banana. Centro Ecológico. 2015. [Acessado em: 11 de jan. de 2019]. Disponível em: http://www.centroecologico.org.br/.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Mapa exploratório de solos do Rio Grande do Sul. 2002. [Acesso em: 12 de out. de 2020]. Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2019. [Acessado em: 11 de jan. de 2019]. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/.

Leal OA, Dick DP, Costa FS, Knicker H, Carvalho Jr JA, Santos JC. Carbon in physical fractions and organic matter chemical composition of an Acrisol after Amazon Forest burning and conversion into pasture. Journal of the Brazilian Chemical Society 30, 413-424, 2019.

Martins FP, Santos EL. Taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejo. Acta Iguazu, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 28-40, out. 2017. [Acessado em: 12 de out. de 2020]. Disponível em: http://www.e-revista.unioeste.br/.

Sá JCM, et al. Soil carbon fractions and biological activity based indices can be used to study the impact of land management and ecological successions. Ecological Indicators, 84, 96–105, 2018.

Silva GF, Santos D, Silva AP, Souza JM. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 3, set/2015, p. 25-35. doi: 10.1590/1983-21252015v28n303rc

SOS Mata Atlântica/INPE. [Acessado em: 11 de jan. de 2019]. Disponível em: https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mataatlantica/dados-mais-recentes

United Nations. World population prospects. The 2012 revision. 2013.

United States Department of Agriculture - USDA. Soil quality indicators - Physical, chemical, and biological indicators for soil quality assessment and management. 2015. [Acessado em: 11 de jan. de 2019]. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/.

Wiler H, Lernoud J. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2018. Research Onstitute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM - Organics International, Bonn. 2018.

Wingeyer AB, Amado, TJC, Bidegain MP, Studdert GA, Varela CHP, Garcia FO, Karlen DL. Soil Quality Impacts of Current South American Agricultural Practices. Sustainability, 7, 2015, p. 2213-2242.

**Tabela 1.** Textura do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm em área de mata (MA), bananal agroflorestal orgânico (AG) e bananal convencional (CO) em Três Cachoeiras Rio Grande do Sul.

| Área | Camada | Areia | Silte | Argila |
|---|---|---|---|---|
| | --cm-- | ----------g kg$^{-1}$---------- | | |
| MA | 0-10 | 332 ± 57 | 387 ± 75 | 295 ± 97 |
| | 10-20 | 306 ± 07 | 357 ± 46 | 356 ± 52 |
| AG | 0-10 | 262 ± 77 | 353 ± 36 | 405 ± 57 |
| | 10-20 | 244 ± 20 | 416 ± 138 | 361 ± 132 |
| CO | 0-10 | 257 ± 30 | 399 ± 69 | 363 ± 47 |
| | 10-20 | 246 ± 69 | 387 ± 14 | 387 ± 73 |

**Tabela 2.** pH em água (H2O), SMP, umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), espaço de aeração (EA) e grau de saturação (GS) nas camadas de 0-10 e 1020 cm em área de mata (MA), bananal agroflorestal orgânico (AG) e bananal convencional (CO) em Três Cachoeiras Rio Grande do Sul.

| Área | Camada | pH $H_2O$ | SMP | UG | UV | Ds | Pt | EA | GS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | g g$^{-1}$ | cm$^3$ cm$^{-3}$ | g cm$^{-3}$ | cm$^3$ cm$^{-3}$ | cm$^3$ cm$^{-3}$ | |
| MA | 0-10 | 5,0 a[(1)] | 5,2 a | 0,48 ab | 0,46 b | 0,95 a | 0,64 a | 0,18 a | 0,72 a |
| AG | 0-10 | 5,1 a | 5,2 a | 0,45 b | 0,48 ab | 1,06 a | 0,60 a | 0,12 a | 0,79 a |
| CO | 0-10 | 5,7 a | 5,7 a | 0,55 a | 0,52 a | 0,95 a | 0,64 a | 0,12 a | 0,81 a |
| MA | 10-20 | 5,6 a | 5,7 b | 0,41 b | 0,42 b | 0,99 a | 0,61 a | 0,13 a | 0,70 a |
| AG | 10-20 | 6,0 a | 6,2 a | 0,47 ab | 0,47 a | 1,02 a | 0,62 a | 0,14 a | 0,77 a |
| CO | 10-20 | 5,8 a | 5,9 ab | 0,51 a | 0,50 a | 1,03 a | 0,63 a | 0,19 a | 0,79 a |

[(1)] Médias seguidas de letras distintas dentro da mesma profundidade diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação da resistência do solo à penetração em sistemas consorciados em segunda safra

Anderson Lopes Alves Junior[1]; Izabely Alves Lopes[1]; Camila Santos Ferreira[2]; Rose Luiza Moraes Tavares [3]

[1] Estudante de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, 75901970, Rio Verde, Goiás, anderson._lopesjunior@hotmail.com ; [2] Engenheiro Agrônomo; [3] Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, UniRV; [4] Professora da Faculdade de Agronomia, UniRV.

## INTRODUÇÃO

A produção de grãos no país é uma atividade que tem sido bastante discutida, especialmente por conta das exigências dos mercados modernos. Nos sistemas atuais, é comum visualizar produtores agrícolas cultivando os mesmos hábitos, que passam por várias gerações, em que trabalham com um único sistema de cultura em suas propriedades no período safra e safrinha.

Em consequência disso, a qualidade do solo tende a estagnar e afetar a produção agrícola. Dentre os prejuízos ao solo, está a dificuldade de penetração da água no solo, maior resistência a penetração e também problemas com macroporosidade (VALADÃO et al., 2014). Ademais, a erosão ocasionada pela compactação do solo contribui para uma menor porosidade e aumento do escoamento de água na superficie e, dessa forma, leva junto com a água, o solo, material orgânico e nutriente, degradando o solo e tornandoo impróprio, com dificil manejo (BONETTI et al., 2015).

Mesmo com a utilização de implementos para descompactação, sua eficiência é baixa em profundidades elevadas, mas a utilização de plantas de cobertura é uma excelente opção porque auxilia na descompactação do solo, sendo utilizadas nos sistemas de cultivo na safrinha, em sistema de plantio direto (DRESCHER et al., 2015).

Dessa maneira, o sistema de plantas de cobertura com palhada sobre o solo, pode evitar danos graves, como, amenizar o impacto da gotas de chuva no solo descoberto na qual a palhada tem a função de amortecer este impacto e diminuir a evaporação e manutenção da umidade do solo, deixando o sistema úmido e com água disponível para as plantas na cultura seguinte (THIECHER et al., 2016).

A utilização de milho na safrinha consorciado com Urochloa, não atrapalha o desenvolvimento da cultura principal, dependendo das espécies de Urochloa instalada, são necessários cuidados com o manejo, para que a Urochloa não atrapalhe a fase de desenvolvimento do milho, pois pode eventualmente se desenvolver rapidamente, comprometendo a cultura principal.

O uso de produtos químicos pode controlar o crescimento da Urochloa, retardando o seu desenvolvimento fazendo com que assim não

estabeleça competição entre elas por nutrientes. Este método de implantação de duas culturas no mesmo sistema é bastante utilizado na descompactação do solo (KAPPES; ZANCANARO, 2015).

Neste contexto, observa-se que o trabalho consorciado na safrinha, com o uso da Urochloa, é uma opção de custo-benefício econômico e sustentável para a cadeia produtiva, pois proporciona acréscimo de produção por unidade de área no mesmo ano agrícola, maximizando os benefícios, produzindo grande volume de palhada na superfície do solo, descompactação do perfil do solo, diminuindo a resistência do solo à penetração e reciclagem de nutrientes, em camadas mais profundas, no perfil do solo.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de consórcio na resistência do solo a penetração.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Instituto de Ciência e Tecnológico COMIGO, localizada no município de Rio Verde (GO). O período de condução do experimento foi de fevereiro a abril de 2019.

As unidades experimentais foram compostas por sete tratamentos sendo estes: girassol + *Urochloa*; milho + *Urochloa*; milho + crotalária; sorgo + *Urochloa*; milheto + *Urochloa*; milheto + crotalária; *Urochloa* + crotalária. Portanto, cada consórcio foi composto por 5 linhas de semeadura da cultura principal e cultura secundária entre linhas, Urochloa (*Urochloa ruziziensis*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*), com comprimento de 6 m, espaçadas a 0,50 m entre si (18 $m^2$).

Fez-se o plantio com uma densidade de semeadura maior nas culturas principais, sendo feito o desbaste, obtendo as populações equivalentes à: milho com 60.000 plantas $ha^{-1}$, girassol com 45.000 plantas $ha^{-1}$, sorgo com 180.000 plantas $ha^{-1}$, milheto com 220.000 plantas $ha^{-1}$, tendo assim uma população final em 18 $m^2$ para cada consórcio de 108 plantas de milho, 81 plantas de girassol, 324 plantas de sorgo e 396 plantas de milheto. Já nas culturas secundárias não foi feito desbaste e utilizou-se a densidade de 8 Kg $ha^{-1}$, que equivale a 14,4 g em 18 $m^2$ de Urochloa e crotalária.

A semeadura dos consórcios foi realizada de maneira manual, adotando espaçamento entrelinhas de 0,50 m da cultura principal e ficando 0,25 m entre plantas nos consórcios, respeitando a densidade de sementes/m para cada uma das espécies. A adubação foi feita no sulco de semeadura e a irrigação foi feita diariamente. Os tratos culturais como o de plantas daninhas foi feito por capina manual, enquanto que o controle com fungicidas e inseticidas foram realizados semanalmente.

Para avaliação da resistência do solo à penetração e umidade do solo, as análises foram conduzidas na fase final de desenvolvimento das culturas, as quais foram ceifadas, mantendo assim o sistema radicular intacto no solo e com isso não alterar a estrutura do solo.

A resistência do solo à penetração foi medida por meio de penetrômetro eletrônico em 10 pontos aleatórios para amostragem, em cada parcela nas profundidades de 0-10, 10-20, 20- 30 e 30-40 cm.

Realizou-se coletas de amostras de solo para quantificação da umidade deste nas camadas 0-20 e 20-40 cm feitas no mesmo dia da realização da resistência do solo à penetração e submetidas a refrigeração com temperatura em torno de 6 e 10°C. Em laboratório realizou-se a pesagem das amostras úmidas, após isto, as amostras foram colocadas em estufa, com temperatura de 90º graus por 24 horas, e pesadas novamente para obtenção da umidade do solo.

Para interpretação de dados, o modelo estatístico utilizado foi em faixas, tendo como fa-

tor principal sete sistemas de consórcio e fator secundário as profundidades de solo. Os dados registrados no penetrômetro eletrônico foram processados, em um software da Falker®. Após isso, os resultados foram analisados no software SISVAR, que gerou dados estatísticos, e quando significativos a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de Tukey (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência do solo à penetração foi menor nas áreas com os consórcios: sorgo + Urochloa, milho + Urochloa, milheto + Urochloa, milho + crotalária e milheto + crotalária (Tabela 1), possivelmente devido à alta capacidade de enraizamento destes sistemas de consórcio. Porém, as áreas com consórcios Urochloa + crotalária e girassol + Urochloa, tiveram maior resistência do solo a penetração. O caso da Urochloa + crotalária (com valor de resistência do solo a penetração de 1,65 MPa pode ser explicado devido às raízes de crotalária, com menor potencial de exploração em profundidade do solo.

**Tabela 1** - Resistência do solo à penetração (RP) em área com diferentes cultivos em consórcio.

| Consórcio | RP (MPa) |
|---|---|
| girassol + *Urochloa* | 1,90[b] |
| milho + *Urochloa* | 0,96[a] |
| milho + crotalária | 1,10[a] |
| sorgo + *Urochloa* | 0,92[a] |
| milheto + *Urochloa* | 1,09[a] |
| milheto + crotalária | 1,16[a] |
| *Urochloa* + crotalária | 1,65[b] |
| CV (%) | 40,19 |

Medias seguidas de mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Pacheco et al. (2015), em camadas com alta densidade do solo, ou seja, para 30-40 cm, a raízes da crotalária pouco se desenvolvem em valores de resistência do solo a penetração acima de 1,4 MPa, com isso o crescimento radicular das plantas é geralmente maior, nas camadas acima e abaixo da camada compactada.

Na área com girassol + Urochloa, a raiz do girassol e provável sombreamento das folhas do próprio girassol sobre a Urochloa pode ter influenciado o resultado. De acordo com Scapinelli et al. (2016), o girassol apresenta baixa eficiência de exploração do solo em profundidade, na qual sua raiz é pivotante, tendo então, uma concentração de raiz mais centralizada no perfil do solo e assim fazendo com que as características físicas do solo, adequadas ao longo do perfil, e também pelo fato das suas folhas serem largas, portanto fazem com que impeça a passagem de luz até a Urochloa, comprometendo o seu desenvolvimento, consequentemente em menor desempenho na diminuição da resistência do solo a penetração, assim não tendo resultados significativos.

Vale ressaltar que as culturas consorciadas com Urochloa, exceto o girassol, tiveram melhores resultados, com menores valores de resistência do solo a penetração, assim fazendo medias de contraste com os consórcios, utilizando de 1,21 MPa e 1,46 MPa para consórcio com crotalária (Tabela 1), demonstrando assim, o potencial da Urochloa em diminuir os valores de resistência do solo à penetração (CHRISTOVAM et al, 2015).

Independentemente do consórcio utilizado, foi significativa as diferenças da RP em profundidade do solo (Tabela 2), sendo menor na camada superficial e maior conforme aumentou a profundidade do solo, isto devido a superfície do solo ser mais sujeita à alterações de estrutura e devido à maior presença de MOS, cujos fatores diminuem os valores de RP.

Tabela 2 - Valores média de resistência do solo a penetração (RP) em diferentes profundidades do solo.

| Profundidade (cm) | RP (MPa) |
|---|---|
| 0-10 | 0,14[d] |
| 10-20 | 0,94[c] |
| 20-30 | 1,61[b] |
| 30-40 | 2,33[a] |

Médias seguidas de mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando avaliada a interação entre os fatores consórcio e profundidade, foi possível observar que de acordo com a classificação de Arshad et al. (1996) para solos argilosos, na camada 0-10 cm, todos os consórcios apresentaram baixos valores de RP, menores que 1 MPa (sinalizados em verde) (Tabela 3 – final do resumo), enquanto que na camada de 10-20 cm, a RP continua baixa, com exceção das áreas com girassol+urochloa e Urochloa+crotalária que apresentaram valores moderado de RP, variando de 1,10-1,19 MPa (sinalizados em amarelo).

Mesma tendência foi encontrada na camada de 20-30 cm, porém com maior magnitude de classificação da RP, ou seja, apresentaram RP moderada, porém, os consórcios girassol+urochloa e Urochloa+crotalária apresentaram alta RP, variando de 2,31-2,45 MPa (sinalizados em vermelho). E na camada 30-40 cm, a RP do solo foi alta (Girassol + Urochloa; Milho + crotalaria; Milheto + Urochloa; Urochloa + crotalária) e baixa (Milho + Urochloa; Sorgo + Urochloa; Milheto + crotalária).

Independentemente do sistema de consórcio e profundidade de análise do solo, os valores de resistência do solo à penetração não foram influenciados pela umidade do solo (valor de correlação de -0,09[ns]). A umidade do solo nos sistemas de consórcio foi relativamente similar, com exceção, do consórcio milheto + crotalária a 0-20 cm que apresentou menor umidade do solo (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de umidade do solo (%) em diferentes sistemas de consórcio agrícola e profundidade do solo.

| Consórcio | Profundidade do solo (cm) | |
|---|---|---|
| | 0-20 | 20-40 |
| girassol + *Urochloa* | 26,17[a] | 23,13[a] |
| milho + *Urochloa* | 26,60[a] | 24,45[a] |
| milho + crotalária | 24,79[a] | 26,06[a] |
| sorgo + *Urochloa* | 25,17[a] | 26,04[a] |
| milheto + *Urochloa* | 23,83[a] | 24,51[a] |
| milheto + crotalária | 20,40[b] | 24,78[a] |
| *Urochloa* + crotalária | 26,02[a] | 26,11[a] |

Médias seguidas de mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

A pesquisa revelou que as áreas com consórcios sorgo + Urochloa e milho + Urochloa, apresentaram menores valores de resistência do solo à penetração, enquanto a área com girassol + Urochloa apresentou maior valor de resistência do solo à penetração.

À medida que houve o aumento da profundidade do solo, a resistência à penetração aumentou.

**AGRADECIMENTOS**: À Universidade de Rio Verde pelo apoio à pesquisa, ao Instituto de Ciência e Tecnologia da cooperativa Comigo e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UNIRV.

## REFERÊNCIAS

Arshad MA, Lowery B, Grossman B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran JW, Jones AJ (eds). Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.123-141 (SSSA Special Publication, 49).

Bonetti JA, Paulino HB, Souza ED, Carneiro MAC, Silva GN. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. Pesqui. Agropecu. Trop. 2015; 45:1;104-112.

Christovam MC. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cultivares de urochloa brizantha em condições de estresse hídrico. Informativo Abrates. 2015; 25:1;43-49.

Drescher MS. Estratégias para descompactação do solo por escarificação e haste sulcadores em sistema de plantio direto. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2015. 119p. (Tese em Ciência do Solo).

Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciên. Agrotec. 2011; 35:1039-1042.

Kappes C, Zancanaro L. Sistema de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. Rev Bras de Milho e Sorgo. 2015; 14:2;219-234.

Pacheco LP, Miguel ASDCS, Silva EMB, Souza ED, Silva FD. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. Pesqu. Agropecu. Trop. 2015; 45:4;464-472.

Scapinelli A, Deina FR, Valadão Junior DD, Valadão FCA, Pereira LB. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. Bragantia. 2016; 75:4.

Thiecher T. (Org). Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

Valadão FCA, Weber OLS, Valadão Júnior DD, Scapinelli A, Deina FR, Bianchini A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 2015; 39;243-255.

**Tabela 3** - Valores médios da resistência do solo a penetração (MPa) em diferentes sistemas de consórcio agrícola e profundidade do solo.

| Consórcio | Profundidade do solo (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 |
| girassol + *Urochloa* | 0,15$^{a}$ | 1,19$^{a}$ | 2,45$^{a}$ | 3,83$^{a}$ |
| milho + *Urochloa* | 0,10$^{a}$ | 0,83$^{a}$ | 1,27$^{c}$ | 1,63c |
| milho + crotalária | 0,14$^{a}$ | 0,93$^{a}$ | 1,35$^{c}$ | 2,00$^{c}$ |
| sorgo + *Urochloa* | 0,12$^{a}$ | 0,75$^{a}$ | 1,01$^{c}$ | 1,79$^{c}$ |
| milheto + *Urochloa* | 0,05$^{a}$ | 0,82$^{a}$ | 1,40$^{c}$ | 2,10$^{c}$ |
| milheto + crotalaria | 0,17$^{a}$ | 0,98$^{a}$ | 1,51$^{bc}$ | 1,97$^{c}$ |
| *Urochloa* + crotalária | 0,22$^{a}$ | 1,10$^{a}$ | 2,31$^{ab}$ | 2,96$^{b}$ |

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de possibilidade. RP < 1,00 MPa: baixo (verde escuro); 1,00–2,00 MPa: moderado (amarelo) e > 2,00 MPa alto (vermelho).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação da Variabilidade Espaço-temporal da Qualidade Estrutural do Solo, Utilizando o DRES e a Geoestatística

Fernanda Soares Vezzosi[1]; Júlio Cesar Wincher Soares[2]; Otávio Ladislau Garcia Medeiros[3]; Lucas Nascimento Brum[4]; Bianca Guse Vieira[5]

[1] Graduando (a) em Agronomia, Laboratório de Solos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santiago, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, Santiago – RS, fsvvezzosi@outlook.com; [2] Professor Dr. Do Curso de Agronomia, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI - Campus de Santiago; [3] Graduando em Agronomia, URI, Campus de Santiago; [4] Engenheiro Agrônomo, URI, Campus de Santiago; [5] Graduando em Agronomia, URI, Campus de Santiago; [6] Graduanda em Agronomia, URI, Campus de Santiago.

## INTRODUÇÃO

De acordo com Reichert et al. (2003), a qualidade do solo está aliada a boa infiltração, retenção e disponibilidade de água, tanto em superfície quanto em subsuperfície, facilitando as trocas gasosas com a atmosfera e com as raízes das plantas.

A relação entre os elementos minerais e orgânicos promove a organização e o acomodamento das partículas no solo, resultando em melhorias na sua qualidade física. As relações destas propriedades com as fases líquidas e gasosas do solo interferem na atividade biológica do mesmo; logo, solos com boa estrutura, possuem valores adequados de porosidade, com boa aeração, infiltração e retenção de água, beneficiando a elongação radicular e o desenvolvimento das culturas.

No meio laboratorial existem diversas maneiras de avaliação da estrutura do solo. Porém, o desenvolvimento de métodos rápidos e eficazes para que ocorra um diagnóstico de forma mais confiável se tornou cada vez mais necessário.

No Brasil, foi desenvolvido o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES), método inovador de avaliação visual da estrutura superficial dos solos tropicais e subtropicais, que atende as especificidades de monitoramento da qualidade dos solos brasileiros.

O DRES possibilita o reconhecimento rápido e fácil das condições estruturais do solo, no espaço e no tempo; e esse diagnóstico apresenta relações com diferentes propriedades físicas ligadas a estrutura do solo, já consagradas no meio acadêmico.

Atualmente, há uma carência de estudos com a finalidade de obter dados experimentais utilizando o DRES na avaliação da qualidade estrutural do solo.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da qualidade estrutural do solo, utilizando o DRES associado à geoestatística, nos anos de 2019 e 2020.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa catena de solos de 1,17 ha da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 J).

Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático predominante é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma média de 1.919 mm ao ano, com temperatura média de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo, por sua vez, apresenta formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 404 metros.

Regionalmente, o componente geológico é formado principalmente por rochas sedimentares (arenitos e lutitos) e vulcânicas (basalto e riólito), distribuídas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto da Campanha, Planalto das Missões, Planalto das Araucárias e a Depressão Central (IBGE, 2003). Na catena, o material de origem é uma rocha vulcânica extrusiva, o Basalto.

A vegetação encontra-se sob o domínio da Estepe Estacional, distribuída no Bioma do Pampa (IBGE, 2004) sendo que a composição do uso do solo e cobertura vegetal se dá com a cultura da soja, sob cultivo mínimo.

Desta forma, esses componentes da paisagem contribuem para a formação de uma catena com Neossolos Litólicos Distróficos, Neossolos Regolíticos Distróficos, Argissolos Vermelhos Distróficos e Cambissolos Háplicos Distróficos.

Foram realizadas duas coletas, primeiramente na primavera de 2019, logo após a dessecação do mix de plantas de cobertura, e a segunda no Outono, após a colheita da Soja (*Glycine max*), onde já apresentavam evidências do desenvolvimento de plantas resultantes do banco de sementes existente na área (mix de plantas de cobertura). Desta forma, os manejos citados anteriormente, obtiveram resultado de um aumento considerável no índice de matéria orgânica presente no solo.

A descrição pedométrica foi realizada em 52 pontos de prospecção, de uma malha com intervalos regulares de 15 m. A locação dos pontos foi realizada com um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) geodésico, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), configurado no Datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 J.

Conforme a EMBRAPA (2017), a coleta da amostra para o DRES é uma operação que requer cautela, sendo necessário manter o bloco de solo inteiro, preservando-se a estrutura o mais próximo da condição original do solo a campo. A coleta do material se deu com a retirada cuidadosa da cobertura vegetal existente sobre o solo, sendo realizado o corte e a retirada da vegetação viva e os demais resíduos vegetais da superfície. Em seguida, com o auxílio do enxadão e da pá de corte reta, foi aberta uma mini trincheira de 20 cm de comprimento, 10 cm de largura e 25 cm de profundidade, no sentido transversal às operações agrícolas para retirada da amostra de solo. Posteriormente, o bloco foi cuidadosamente disposto em uma bandeja plástica para a realização da análise visual.

Antes de iniciar a manipulação para fragmentar o bloco de solo, foi eliminado qualquer resíduo ou efeito das ações das ferramentas empregadas para abrir a mini trincheira e retirar a amostra, como por exemplo, a superfície espelhada. Usando-se o excedente no comprimento da bandeja, foi feita a fragmentação do bloco, expandindo-o do centro para as laterais da bandeja, e não de cima para baixo ou de baixo para cima, ou seja, não no sentido vertical. Caso ocorra mistura de material de diferentes camadas do

bloco de solo, possivelmente ocorrerá alteração no resultado do DRES.

Um dos aspectos mais importantes no processo da manipulação da amostra é a força a ser aplicada manualmente para o rompimento e a fragmentação do bloco de solo em torrões ou agregados de menor tamanho. A amostra pode ser constituída de uma ou mais camadas, podendo variar de acordo com a cor, presença e aparência morfológica de raízes e de outros organismos vivos, presença de terra fina formada por desagregação ou pulverização (formação de pó) e partículas soltas, como areia, e características da estrutura (tamanho, grumosidade, coesão entre agregados, orientação das faces de ruptura e porosidade), entre outras. As camadas foram delimitadas no sentido da profundidade, por meio de separadores, como réguas ou outros materiais, com dimensões similares ao comprimento da bandeja.

O método DRES prevê pontuação para cada camada identificada na amostra. As notas atribuídas à qualidade estrutural de cada camada (Qec) detectada na amostra serviram de base para cálculo e definição da qualidade estrutural dessa amostra (IQEA) e da gleba como um todo (IQES).

As Qec foram atribuídas em função de dois critérios: 1) evidências de degradação ou conservação/recuperação do solo; e 2) proporção visual da ocorrência (em volume) dos diferentes tamanhos de agregados após a manipulação da amostra, segundo a chave de atribuição das notas, conforme EMBRAPA (2017).

O Grau de Dependência Espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial é moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, os mapas que mostram os Índices de Qualidade Estrutural da Amostra, nos diferentes períodos de monitoramento (2019 e 2020), foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária no ArcGIS® 10.5.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de KolmogorovSmirnov indicou que a distribuição dos dados do DRES foi normal ($p<0,01$), conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1**: Análise estatística descritiva do IQEA do solo.

| | N | Mín. | Máx. | Méd. | CV% | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IQEA2019 | 52 | 3 | 6 | 4,8385 | 16,7 | 0,83 |
| IQEA2020 | 52 | 4,4 | 6,6 | 5,4269 | 10,7 | 0.012 |

Legenda: IQEA: índice de qualidade estrutural da amostra; N: número de amostras; Mín.: mínima; Máx.: máxima; Méd.: média; CV: coeficiente de variação; Sig.: Significância.

Após avaliar os valores do IQEA 2019 e 2020, foi possível observar, comparando os dois períodos, uma considerável evidência de recuperação do solo, onde temos maiores quantidades de matéria orgânica, evidencia de atividade biológica, maior presença de raízes superficiais, solo com menor grau de compactação e uma maior distinção entre as camadas, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1. Amostras dos anos de 2019 e 2020, respectivamente; Bioporos visíveis nos agregados do solo. Presença de atividade biológica, 2020;
Presença de raízes entre os agregados, 2020.



Figura 2. IQEA 2019 e 2020, respectivamente.

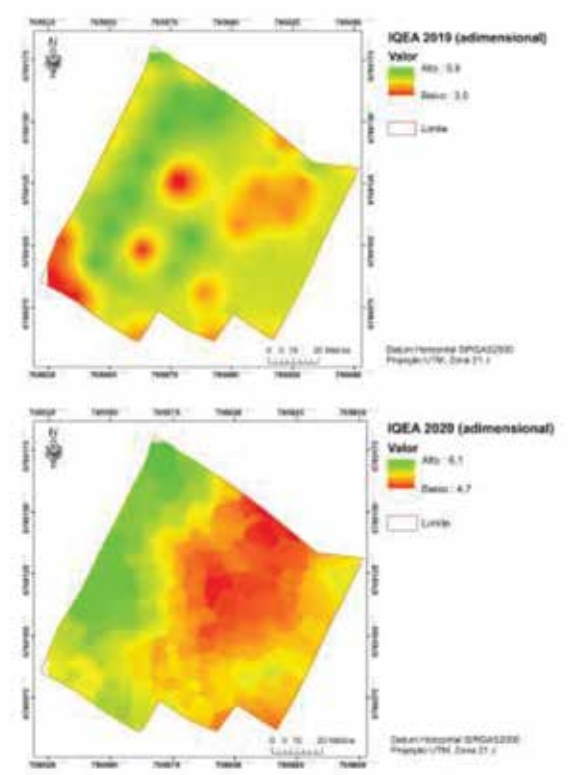



Tabela 2. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade da qualidade estrutural dos solos de uma catena do Pampa.

| Formas | Mod. | Pep. | Pat. | Alc. | DE | GDE(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IQEA2019 | Exp. | 0 | 0,697961 | 27,5 | Forte | 0 |
| IQEA2020 | Esf. | 0,191266 | 0,229553 | 113,51 | Fraco | 83,32 |

Legenda: IQEA: índice de qualidade estrutural do solo; Mod.: modelo; Pep.: pepita; Pat.: patamar; Alc.: alcance; DE: dependência espacial; GDE%: grau de dependência espacial.

A variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada é indicada através do efeito pepita (McBRATNEY 1986). A importância do patamar mediante a determinação do método estatístico a ser utilizado no processamento de dados e na definição da mínima distância entre os pontos da amostra se dá a partir da determinação do alcance, conforme Cambardella et al. (1994). A distância máxima da variabilidade em estudo está espacialmente correlacionada (DAVIS, 1986), sendo o alcance um critério importante para estudos relacionados à geoestatística. Desta forma, é correto afirmar a eficiência e exatidão da descrição das variáveis.

## CONCLUSÕES

O DRES possibilitou de maneira rápida a caracterização da qualidade estrutural dos solos, bem como por meio dele, a indicação de formas de manejo para que ocorra a melhoria da sua qualidade.

Foi possível observar uma elevação significativa na qualidade dos solos com o passar do tempo, conforme demonstrou o IQEA, estando essa evolução associada ao manejo conservacionista.

Observou-se diferentes estruturas em função dos vários tipos de solos presentes na catena.

## REFERÊNCIAS

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. **Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: Condições físicas do solo agrícola.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO,Ribeirão Preto, 2003. **Anais.** Ribeirão Preto, SBCS, 2003. CD ROM.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escada 1:250.000.** IBGE/SAA - RS. Florianópolis, 2003. CD – ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação. Escala 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

CAMBARDELLA, C. A et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc.** Am. J., 58:1501-1511, 1994.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. 2 ed. New York: Jonh Wiley, 1986. 646p.

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, p. 617-639, 1986.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação dos Agregados do Solo Sob Diferentes Manejos no Município de Guaíra-PR.

Igor de Sousa Morais[1]; Renato Sinquini de Souza[2]; Marcos Gervasio Pereira[3]; Jean Sérgio Rosset[4]

[1]Graduando em Agronomia (UFRRJ),Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000,igorzpqd2@hotmail.com; [2]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ)[3] Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, mgervasiopereira01@gmail.com; [4] Professor Adjunto IV da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo - BR 163, km 20,2, Mundo Novo, MS, CEP: 79980000, rosset@uems.br

## INTRODUÇÃO

Quando submetido a práticas de manejo inadequadas o solo poderá vir a apresentar problemas de erosão, compactação e redução da fertilidade natural, o que limita o desenvolvimento das culturas se consequentemente contribui para um menor retorno econômico. Para preservá-lo existem práticas conservacionistas, como o sistema plantio direto (SPD), que visa o revolvimento mínimo do solo, aumentando o teor de matéria orgânica, que resulta em maior capacidade de troca de cátions (CTC) ao longo do tempo, tornando o solo mais fértil, promove reestruturação de solos degradados e contribui para maior estabilidade dos agregados do solo. Segundo Salomão et al. (2020) o SPD no Brasil teve na safra 2017/2018 mais de 32 milhões de hectares cultivados (FEBRAPDP,2019).

Em estudo realizado por Borges et al. (2015) no triângulo mineiro, comparando áreas com diferentes usos (pastagens, cana-de-açúcar e mata nativa), a mata nativa apresentou maior índice de agregação e maior teor de carbono orgânico.A mesma tendência foi observada em diferentes sistemas de manejo e MN por Rosset et al. (2019) também no município de Guaíra, PR. Assim sendo, o objetivo desse estudo foi avaliar a agregação do solo em diferentes áreas de cultivo no município de Guaíra-PR.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Guaíra, localizado no oeste do estado do Paraná, Brasil. O clima da região segundo a classificação de Köppen (ALVARES et, al., 2014) é subtropical (Cfa) e a vegetação nativa da área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, sendo verificada precipitação média anual de 1642 mm, umidade relativa do ar de 76,1% e temperaturas máximas e mínimas de 28,7º C e 16º C respectivamente com base nos dados obtidos pelo Setor de Agrometeorologia do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) no período de 1973 a 2011.Para o estudo foram selecionadas áreas de preparo convencional (SPC), sistema de plantio direto (SPD) com 6 anos e 18 anos de instalação ($SPD_6$ e $SPD_{18}$), pastagem permanente (PP)e mata nativa (MN). Em cada área fo-

ram coletadas 4 amostras, a partir da abertura de mini trincheiras com dimensões aproximada de 0,25 m x 0,25 m. A amostragem foi realizada nas camadas de 0,0 0-0,05 e 0,05-0,10 m com auxílio de uma pá quadrada.

Após a coleta, as amostras foram passadas por peneiras de 9,7; 8,0 e 4,0 mm. Os agregados retidos no intervalo de 9,7 e 8,0 mm foram utilizados para a identificação das vias de formação, sendo observados sob lupa e separados em biogênicos e fisiogênicos manualmente, conforme o método proposto por Pulleman et al. (2005) a partir dos padrões estabelecidos por Bullock et al. (1985). A contribuição relativa, em massa, de cada tipo de agregado foi determinada com a pesagem de 100 g de agregados. Posteriormente os agregados que ficaram retidos na peneira de 4 mm foram colocados na parte superior de um conjunto de peneiras de 2,00; 1,00; 0,500; 0,250; 0,105 mm de diâmetro de malha e depois umedecidos, com um pulverizador manual.Posteriormente, o conjunto foi levado ao aparelho de Yooder (YOODER, 1936), sendo submetido a peneiramento via úmida por 15 minutos. Após essa etapa o material que ficou retido em cada peneira foi transferido para placas de Pétri, sendo secas em estufa a 105º C durante 12 horas. Com os dados de massa dos agregados foi calculado o diâmetro médio ponderado(DMP) dos agregados conforme

Teixeira et al. (2017).O carbono orgânico total (COT) dos agregados foi determinado segundo Yeomans&Bremner (1988), utilizando os agregados que ficaram retidos na peneira de 8 mm via oxidação úmida da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio ácido.

Os testes estatísticos utilizados para analisar os resultados quanto a normalidade e homogeneidade dos dados foram respectivamente Shapiro-Wilk e Barttlet. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos, duas vias de formação e quatro repetições, sendo aplicado teste F e comparando os valores entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa estatístico R-Studio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se maior porcentagem de agregados biogênicos na camada 0,0-0,05m na área de MN em comparação aos fisiogênicos da mesma área, conforme se observado na **Figura1**, sendo este padrão também observado na camada 0,05-0,10m. Esse padrão pode ser atribuído por essa área ser submetida à menor ação antrópica, ou seja, as condições edáficas, propiciam maior atividade dos organismos e, consequentemente, maior formação desse tipo de agregado. Por outro lado, na área de PP a porcentagem dos agregados fisiogênicos foi maior que os biogênicos na camada 0,00-0,05 m. Na camada 0,05-0,10m **(Figura 2)** verificou-se maior proporção de agregados fisiogênicos na área de $SPD_6$.

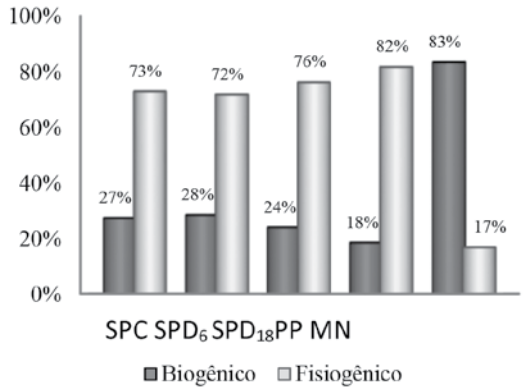



**Figura 1**: Valores médios (%) dos agregados formados pelas diferentes vias biogênica e fisiogênica na camada de 0,00 – 0,05 m.

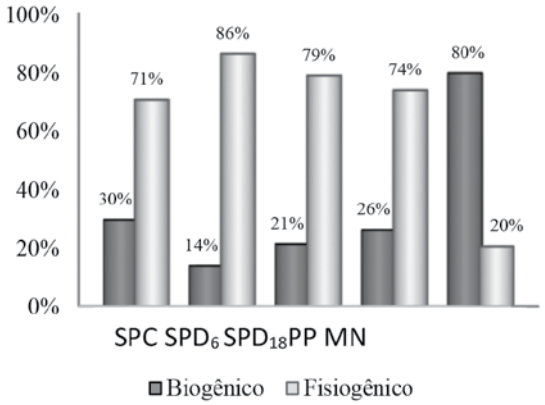



Figura 2: Valores médios (%) dos agregados formados pelas diferentes vias biogênica e fisiogênica na camada de 0,05 - 0,10 m.

Independente da camada analisada verificou-se que na área PP ocorreram os maiores valores de DMP (Tabela 1), o que indica maior estabilidade dos agregados, sendo seguida pela área MN. Segundo Coutinho et al. (2010), este resultado pode ser atribuído a ação do sistema radicular das gramíneas, que é fasciculado, resultando em maior agregação na área de PP. Já na área de MN estes valores podem ser decorrentes da baixa influência antrópica.

Tabela 1. Valores de DMP para agregados biogênicos e fisiogênicos.

| DMP mm | B | F | B | F |
|---|---|---|---|---|
| | 0,00-0,05 m | | 0,05-0,10 m | |
| SPC | 1,22b | 1,48d | 1,13c | 1,05c |
| PP | 4,36a | 4,43a | 4,32a | 4,30a |
| $SPD_6$ | 3,82a | 3,79bc | 3,67b | 3,32b |
| $SPD_{18}$ | 4,10a | 3,66c | 3,89ab | 3,74ab |
| MN | 4,33a | 4,32ab | 4,25ab | 4,29a |
| CV (%) | 10,46 | 10,46 | 10,36 | 10,36 |

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). B: Biogênicos, F: Fisiogênicos. DMP: Diâmetro médio ponderado. CV: coeficiente de variação.

Quanto ao COT, o maior teor foi verificado na área de MN, 21,49 $gkg^{-1}$, nos agregados biogênicos, na camada de 0,00-0,05 m, seguido pela área de PP 15,30 $gkg^{-1}$. Enquanto para os agregados fisiogênicos, na mesma camada, o maior teor ocorreu na área $SPD_{18}$ (Tabela 2). Esses teores podem estar associados à não influência antrópica na área de MN e ao pouco revolvimento do solo contribuindo para a manutenção do C ao solo nas áreas de $SPD_{18}$ e PP.

Na camada 0,05-0,10 m não houve diferença para os agregados biogênicos em relação ao COT. Para os agregados fisiogênicos, observam-se os maiores teores na área de $SPD_{18}$ (17,5 g $kg^{-1}$). Esse maior teor é oriundo do maior acúmulo de matéria orgânica, que é aportada ao solo intensificando o processo de formação de agregados.

Tabela 2. Teores de COT para agregados biogênicos e fisiogênicos.

| COT $gkg^{-1}$ | B | F | B | F |
|---|---|---|---|---|
| | 0,00-0,05 m | | 0,05-0,10 m | |
| SPC | 11,23b | 10,87ab | 8,0a | 10,2b |
| PP | 15,30ab | 18,78ab | 6,8a | 6,56b |
| SPD 6 | 14,13ab | 13,70ab | 12,0a | 4,0b |
| SPD 18 | 14,60ab | 19,33a | 12,3a | 17,5a |
| MN | 21,49a | 10,5b | 12,3a | 4,8b |
| CV (%) | 34,28 | 34,28 | 40,2 | 40,2 |

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). B: Biogênicos, F: Fisiogênicos. COT: Carbono orgânico total. CV: coeficiente de variação.

## CONCLUSÕES

O maior percentual de agregados biogênicos é verificado na área de MN. Na área de SPC observase os menores valores de DMP, independente da camada e do tipo de agregado. Em relação ao COT, verifica-se o menor valor na área de SPC na camada 0,00-0,05m. Para os agregados fisiogênicos em ambas as camadas os maiores teores de COT são verificados na área de $SPD_{18}$.

## REFERÊNCIAS

Borges CS, Ribeiro BT, Wedling B, Cabral DA. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de $CO_2$ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do

Triângulo Mineiro. Rev. Ambient. Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science; 10:660675, 2015.

Bullock P, Federoff N, Jongerius A, Stoops G, Tursina T. Handbook for soil thin section description. Albrighton, England: Waine Res. Pub. 152p., 1985.

Coutinho FS, Loss A, Pereira MG, Junior DJR, Torres JLR. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. Comunicata Scientiae. 1:100105, 2010.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. 2019. Evolução do plantio direto no Brasil.https://febrapdp.org.br/area-de-pd<Acessoem 31 de Agosto 2020>

Pulleman MM, Six J, Marinissen JCY, Jongmans AG. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. Journal&Books Applied Soil Ecology, Amsterdam. 29:1-15, 2005.

Rosset JS, Lana MC, Pereira MG, Schiavo A, Rampim L, Sarto MVM. Matéria orgânica e agregação de solo em sistemas agrícolas com diferentes tempos de adoção. Agropecuária Científica no Seminário, Londrina. 40:3443-3460, 2019.

Salomão PEA, Kriebel W, Santos AA, Martins ACE. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. Research Society and Development. 9:2 ,2020.

Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa. 573p., 2017.

Yeomans JC, Bremner JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York. 19:1467-1476, 1988.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Carbono orgânico e fertilidade do solo em agregados biogênicos e fisiogênicos em áreas de cultivo, Guaíra (PR)

Renato Sinquini de Souza[1]; Marcos Gervasio Pereira[2]; Jean Sérgio Rosset[3]; Igor de Sousa Morais [4]

[1]Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo (PPGA-CS), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, renatosinquine@hotmail.com; [2] Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, mgervasiopereira01@gmail.com; [3] Professor Adjunto IV da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo BR 163, km 20,2, Mundo Novo, MS, CEP: 79980000, rosset@uems.br; [4] Estudante de Agronomia, Bolsista da Fundação Agrisus, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, e-mail: igorzpqd2@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Práticas culturais inadequadas na agricultura tais como o preparo tradicional do solo podem promover sua degradação e, consequentemente, reduzir a produtividade das áreas agrícolas (MACEDO et al., 2009). No Brasil, em 1980 surgiu o sistema de plantio direto (SPD) que contempla parte dos conceitos da agricultura conservacionista. O SPD preconiza a manutenção da cobertura do solo com os resíduos culturais, não revolvimento ou revolvimento localizado na linha de semeadura, promover rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas, com aumento da biodiversidade e proporcionando manutenção ou recuperação da qualidade do solo, desta forma, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento vegetal (ALVARENGA et al., 2001; DENARDIN et al., 2012). Diferentes técnicas e indicadores são utilizados na avaliação da qualidade do solo, considerando o manejo empregado e o tipo de solo estudado (AUDEH et al., 2011). Dentre os atributos físicos que afetam diretamente a qualidade do solo pode-se destacar a agregação, pois esta influencia na infiltração e retenção de água, na aeração e na resistência à penetração de raízes (KÄMPF; CURI, 2012; JOUQUET et al., 2008), correlacionando-se com a erodibilidade do solo. Os agregados quanto a sua gênese podem ser classificados em biogênicos e fisiogênicos de acordo com seu padrão morfológico (BULLOCK et al., 1985). Os agregados fisiogênicos são formados a partir de processos químicos e físicos, sendo identificado por apresentarem formas angulares com muitas arestas resultantes dos ciclos de umedecimento e secagem que aproximam as partículas unitárias em conjunto com a ação dos agentes cimentantes do solo. Os agregados biogênicos são resultantes da ação de organismos, podendo ser citado como exemplo a passagem do solo pelo sistema intestinal de minhocas ou a aproximação das partículas com auxílio dos exsudatos de raízes, dando a esses agregados formas arredondadas (JOUQUET et al., 2008; LOSS et al., 2014), pois a ação da fauna edáfica promove modificações na estrutura do solo. Em seus estudos Langebach et al. (2002) verificaram que agregados biogênicos apresentam maiores

teores de fósforo (P), potássio (K) e valores de pH superiores aos encontrados no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes coberturas vegetais e sistemas de plantio nas vias de formação dos agregados (biogênicos e fisiogênicos) e nos seus atributos químicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Guaíra, Paraná. O clima da região segundo a classificação de Köppen é subtropical (Cfa) (ALVARES et al., 2014) e a vegetação nativa da área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, sendo verificada precipitação média anual de 1.642 mm, umidade relativa do ar de 76,1 % e temperaturas máximas e mínimas de 28,7º C e 16º C respectivamente com base no nos dados obtidos pelo Setor de Agrometeorologia do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) no período de 1973 a 2011. O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico com textura muito argilosa (ROSSET et al., 2014; ASSUNÇÃO et al., 2019). Para o estudo foram selecionadas áreas de preparo convencional (SPC), sistema plantio direto com 6 anos ($SPD_6$) e 18 anos ($SPD_{18}$) de instalação, pastagem permanente (PP) com 45 anos de instalação, sendo áreas de sucessão do SPC. Em cada área foram coletados 4 torrões (amostras indeformadas) nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m com auxílio de uma pá quadrada. As amostras foram levadas para laboratório secas, e os torrões separados manualmente utilizando pequena pressão e passados por peneiras de 9,7 a 8,0 mm. Os agregados retidos na peneira de 8,0 mm foram separados de acordo com sua morfologia em biogênico e fisiogênico com auxílio de lupa (BULLOCK et al., 1985).

Os agregados fisiogênicos e biogênicos de cada área foram destorroados e passados por peneira de 2,00 mm, sendo determinados os valores de pH em água e os teores de $Al^{3+}$, $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$, extraídos com solução de KCl a 1 mol $L^{-1}$. Para a determinação de $K^+$ e P, foi feita extração com solução de HCl 0,05 mol $L^{-1}$ e $H_2SO_4$ 0,0125 mol $L^{-1}$, sendo o P determinado por colorimetria e o $K^+$ determinado por fotometria de chama (TEIXEIRA et al., 2017). O carbono orgânico total (COT) foi determinado através de oxidação da matéria orgânica (YEOMANS; BREMNER, 1988).

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Barttlet, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, duas vias de formação e quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste 'F', e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico R-Studio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as áreas de cultivo, verificou-se diferenças significativas, sendo observado para os agregados biogênicos na camada de 0,00-0,05m (Tabelas 1 e 2) maiores valores médios de $Ca^{+2}$ na área de $SPD_{18}$ e menores na área SPC. Padrão similar para as duas camadas foi observado para o pH nos agregados biogênicos. Os baixos teores de $Ca^{+2}$ na camada 0,00-0,05m na área de SPC podem estar relacionados as perdas pelo processo erosivo intensificado pelo revolvimento do solo ou maior absorção pelas culturas

Quanto aos teores de P, os maiores teores foram verificados na área de SPC, e são decorrentes da utilização de adubos fosfatados e também pela ciclagem de nutrientes o que pode ser constatado na área $SPD_6$, indicando a eficiência deste sistema em acumular P. Os teores de $Mg^{+2}$ na camada 0,000,05 m foram maiores na área de

SPC nos agregados biogênicos e $SPD_6$ nos agregados fisiogênicos. Os elevados teores de $Mg^{+2}$ possivelmente relacionados à calagem recente realizada nesta área.

Na camada de 0,05-0,10 m os maiores valores de $Mg^{+2}$ foi verificado na área de $SPD_6$ tanto para agregados biogênicos quanto para fisiogênicos. Para os teores de $K^+$ foi observado na área de $SPD_6$ os maiores teores médios em ambas camadas e nos dois tipos de agregados.

**Tabela 1.** Fertilidade do solo em agregados biogênicos e fisiogênicos nos diferentes sistemas de manejo na camada de 0,00-0,05 m.

| Área | pH $H_2O$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^+$ | P | C org |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | --------cmol$_c$ kg$^{-1}$-------- | | | mg dm$^{-3}$ | g kg$^{-1}$ |
| **Biogênico** | | | | | | |
| **SPC** | 5,5bB | 3,0b | 6,7aA | 1,0aA | 2,9aB | 11,2a |
| **PP** | 6,0a | 4,1ab | 3,0bc | 0,8ab | 0,0b | 15,3a |
| **$SPD_6$** | 6,0a | 4,1ab | 3,4bB | 1,0a | 2,5a | 14,1a |
| **$SPD_{18}$** | 6,2a | 4,35a | 1,4c | 0,5b | 1,7a | 14,6aB |
| **CV%** | 4,8 | 16,2 | 25 | 24,7 | 33,8 | 34,28 |
| **Fisiogênico** | | | | | | |
| **SPC** | 5,7bA | 3,5a | 3,9abB | 0,7bcB | 6,3aA | 10,9b |
| **PP** | 5,9ab | 4,5a | 3,0bc | 0,8ab | 0,0c | 18,8ab |
| **$SPD_6$** | 6,0ab | 4,1a | 4,9aA | 1,0a | 2,8b | 13,7ab |
| **$SPD_{18}$** | 6,2a | 4,1a | 0,8c | 0,4c | 1,5b | 19,3aA |
| **CV%** | 4,8 | 16,2 | 2,5 | 24,7 | 33,8 | 34,3 |

Letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Legenda: C.org = Carbono orgânico total (COT). CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Fertilidade do solo em agregados biogênicos e fisiogênicos nos diferentes sistemas de manejo na camada de 0,05 – 0,10 m.

| Área | pH $H_2O$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^+$ | P | COT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | --------cmol$_c$ kg$^{-1}$-------- | | | mg dm$^{-3}$ | g kg$^{-1}$ |
| **Biogênico** | | | | | | |
| **SPC** | 5,7b | 3,4a | 2,7abB | 1,0aA | 3,5aB | 8,0a |
| **PP** | 6,0ab | 3,8a | 3,3aB | 0,6ab | 0,0c | 6,8a |
| **$SPD_6$** | 6,0a | 4,3a | 3,7aB | 0,8ab | 2,3ab | 12,0aA |
| **$SPD_{18}$** | 6,2aA | 4,2a | 1,5bB | 0,3b | 1,2bc | 12,3aB |
| **CV%** | 1,2 | 16,9 | 33,5 | 48,9 | 51,4 | 40,2 |
| **Fisiogênico** | | | | | | |
| **SPC** | 5,7b | 3,4a | 3,6abA | 0,7abB | 6,1aA | 10,2b |
| **PP** | 6,0ab | 4,0a | 4,2aA | 0,7ab | 0,0b | 6,6b |
| **$SPD_6$** | 6,1a | 4,6a | 5,2aA | 0,8a | 2,0b | 3,9bB |
| **$SPD_{18}$** | 5,9abB | 3,6a | 2,0bA | 0,3b | 1,5b | 17,5aA |
| **CV%** | 1,2 | 16,9 | 33,5 | 48,9 | 51,4 | 40,2 |

Letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Legenda: C.org = Carbono orgânico total (COT). CV: coeficiente de variação.

Quanto aos teores de COT, foram observados maiores teores na área de $SPD_{18}$ nos agregados fisiogênicos, evidenciando que este sistema propicia maior acúmulo de COT em comparação aos demais, demonstrando a importância do SPD no acúmulo de COT e formação dos agregados. Observou-se também nessa área os maiores teores de COT nos agregados fisiogênicos nas duas camadas.

Quando comparam-se as vias de formação somente foi possível observar diferença entre as áreas, para a camada de 0,00-0,05 m. Os valores de pH dos agregados fisiogênicos foi maior em comparação dos biogênicos na área de SPC, sendo esse padrão observado também para o P. Para o K, os maiores teores médios foram verificados nos agregados biogênicos em ambas camadas, sendo esse padrão também observado por Langebach et al. (2002). Os teores de COT na área de $SPD_{18}$ foram maiores nos agregados fisiogênicos em ambas as camadas. Na camada de 0,05-0,10 m em todas as áreas, os teores de $Mg^{+2}$ foram mais elevados nos agregados fisiogênicos.

## CONCLUSÕES

Na área de SPC observaram-se valores de pH mais baixos nos dois tipos de agregados, sendo que nos agregados biogênicos verificaram-se os menores teores de $Ca^{+2}$. Quanto as áreas de plantio direto ($SPD_6$ e $SPD_{18}$), foi verificado um incremento de COT do $SPD_6$ para $SPD_{18}$ e os maiores teores de carbono orgânico nos agregados fisiogênico do $SPD_{18}$ em relação as outras áreas.

Nos agregados biogênicos foram observados menores valores de $Mg^{2+}$ em comparação aos fisiogênicos em todas as áreas, enquanto para os teores de COT na área de $SPD_{18}$ nos agregados fisiogênicos foram verificados maiores valores que os biogênicos.

**AGRADECIMENTOS**: A CAPES e a Fundação Agrisus. E ao proprietário das áreas do estudo, Isac Sérgio Rosset, pela disponibilização das áreas para o estudo.

## REFERÊNCIAS


Alvarenga RC, Cabezas WAL, Cruz JC, Santana DP. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. 2001; 22 (208): 25-36.

Alvares CA, Stapes JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 2014; 22 (6):711– 728.

Assunção SA, Pereira MG, Rosset JS, Berbara RLL, García AC. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. Science of the Total Environ. 2019; 658:901–911.

Bullock P, Federoff N, Jongerius A, Stoops G, Tursina T. Handbook for soil thin section description. Albrighton, England: Waine Research Publications. 1985; 152p.

Denardin JE, Kochhann RA, Faganello A, Santi A, Denardin ND, Wiethölter S. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo. 2012; 15p.

Audeh JSS. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. Revista Brasileira de Agroecologia. 2011; 6:3.

Jouquet P, Bottinelli N, Podwojewski P, Hallaire V, Duc TT. Chemical and physical properties of earthworm casts as compared to bulk soil under a range of different land-use systems in Vietnam. Geoderma, Amsterdam. 2008; 146:231–238.

Kämpf N, Curi N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: Ker J C, Curi N, Schaefer CEGR, & VidalTorrado P. eds. Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG:SBCS. 2012; 1-20p.

Langenbach T, Inacio MVS, Aquino AM, Brunninger B. Effects of earthworm Pontoscolex corethrurus on distribution of acaricida dicofol in a Podzolic soil. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2002; 37 :1663-1668.

Loss A, Costa EM, Pereira MG, Beutler SJ. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. R Fac Agron Univ Nac La Plata. 2014;113:1-8.

Macedo MCM. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. Revista Brasileira de Zootecnia. 2009; 38:133-146.

Rosset JS, Lana MC, Pereira MG, Schiavo JA, Rampim L, Sarto MVM, Seidel EP. Carbon stock, chemical and physical properties of soils under management systems with different deployment times in western region of Paraná, Brazil. Semina: Ciências Agrárias. 2014; 35:3053-3072.

Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise do solo. 3. ed. Brasília: Embrapa. 2017; 573 p.

Yeomans JC, Bremmer JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comm Soil Sci Plant Anal19. 1998; 1467-1476.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Carbono Total e Frações Físicas da Matéria Orgânica como Indicadores de Qualidade do Solo no Município de Guaíra, Paraná

Robert Ferreira[1]; Renato Sinquini de Souza[2]; Igor de Sousa Morais[3]; Jean Sérgio Rosset[4]; Marcos Gervasio Pereira[5]

[1]Acadêmico de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, feer.robert@gmail.com; [2] Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo (PPGA-CS), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, renatosinquine@hotmail.com; [3]Acadêmico de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, igorzpqd2@hotmail.com; [4] Professor Adjunto IV da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo BR 163, km 20,2, Mundo Novo, MS, CEP: 79980000, rosset@uems.br; [5] Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, mgervasiopereira01@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vem sendo dada uma maior atenção as modificações no conteúdo de carbono (C) do solo devido a sua importância ambiental, social e econômica nos sistemas produtivos (LOPES; MIOLA, 2010). No aspecto ambiental, seu estudo é realizado através da quantificação do seu estoque no solo (PAIVA et al., 2011), em suas frações (SOUZA et al., 2012) e na emissão de gases para a atmosfera (MACHADO, 2005). Esses estudos baseiam-se na avaliação da dinâmica do C no solo em função do manejo que a área é submetida ou se está em condição natural sem ação antrópica (PREMIERI et al., 2017).

Segundo PINTO et al. (2020) a matéria orgânica do solo (MOS) é de suma importância em regiões de clima quente e úmido, como as que predominam no Brasil, pois este compartimento representa um importante reserva de carbono ao solo. As diferentes frações da MOS apresentam características distintas, e a distribuição dessas frações no solo podem indicar modificações decorrentes do manejo empregado.

O fracionamento físico é uma técnica utilizada para identificação da dinâmica da MOS em relação aos diferentes sistemas de manejo utilizados (ROSSET, 2015), possibilitando o uso desta ferramenta para avaliar a qualidade do solo. Esta qualidade é baseada no grau de associação da MOS com a matriz do solo, ou seja, o carbono pode estar livre ou fracamente associado às partículas de solo, sendo chamado de carbono orgânico particulado (COp); ou estar fortemente ligado às partículas minerais, formando complexos organominerais (COam) (GAZOLLA et al., 2015).

A atribuição do sistema de manejo conservacionista de plantio direto (SPD), promove o aporte de biomassa, o que reflete o efeito desse sistema tanto no aumento da quantidade como da labilidade da matéria orgânica do solo.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os teores de carbono orgânico total e suas frações granulométricas em agregados biogê-

nicos e fisiogênicos de diferentes sistemas de manejo, a fim de verificar sua importância e dinâmica como indicadores de qualidade de solo em sistemas conservacionistas no município de Guairá, Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Guaíra, localizado no oeste do estado do Paraná, Brasil. O clima da região segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014) é subtropical (Cfa) e a vegetação nativa da área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, sendo verificada precipitação média anual de 1.642 mm, umidade relativa do ar de 76,1 % e temperaturas máximas e mínimas de 28,7º C e 16º C respectivamente com base no período de 1973 a 2011 (NITSCHE et al., 2019). Para o estudo foram selecionadas áreas de sistema plantio direto (SPD) com 6 anos e 18 anos de implantação ($SPD_6$ e $SPD_{18}$), preparo convencional (SPC), pastagem permanente (PP) e mata nativa (MN). Em cada área foram coletadas 5 amostras, a partir da abertura de mini-trincheiras com dimensões aproximada de 0,25 x 0,25 m. A amostragem foi realizada nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m.

Após a coleta, as amostras foram transportadas para laboratório e secas ao ar. Posteriormente, os torrões foram separados manualmente e passados por peneiras de 9,7 a 8,0 mm. Os agregados retidos nesse intervalo foram separados, com auxílio de lupa, de acordo com sua morfologia (biogênicos e fisiogênicos). A classificação dos agregados foi realizada utilizando as classes morfológicas descritas por Bullock (1985).

Após separação dos agregados em biogênicos e fisiogênicos, foi realizado o fracionamento físico granulométrico da MOS (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992), sendo os agregados macerados e pesado aproximadamente 20 g de solo, com adição posterior de 60 ml de solução de hexametafosfato de sódio (5 g $L^{-1}$) e homogeneizados durante 15 horas em agitador horizontal. A seguir, a suspensão foi passada por peneira de 53μm. O material retido na peneira carbono orgânico particulado (COp) foi seco em estufa a 60°C, quantificado em relação a sua massa, macerado em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono orgânico, conforme o método descrito para a determinação do carbono orgânico total (COT) (YEOMANS; BREMNER, 1988). O material que passou pela peneira de 53 μm consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COam) das frações silte e argila, que foi obtido por diferença entre o COT e COp. (TEIXEIRA et al., 2017).

O carbono orgânico total do solo e carbono das frações foi determinado por oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_2$) a 0,2 mol $L^{-1}$ e ácido sulfúrico ($H_2SO_4$ concentrado), sendo as amostras aquecidas durante 30 minutos a 170º C e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol $L^{-1}$ (YEOMANS; BREMNER, 1988).

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade dos dados pelos testes de Shapiro Wilk e Barttlet. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para comparação em pares de cada área com a MN foi utilizado o teste de Dunnet, para comparações múltiplas com apenas uma referência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os teores de COT e das frações granulométricas da matéria orgânica do solo, COp e COam, nos agregados biogênicos das diferentes áreas estudadas. Foi observada variação nos teores de COT entre os sistemas de manejo, independentemente da ca-

mada considerada. A área de PP, propiciou teor de COT semelhante a área $SPD_{18}$, todavia, foi quantificado menores teores de C em comparação a áreas de MN nas duas camadas. Comparado separadamente com a área de MN, na área de SPC foi verificada diferença significativa com menores teores de C. O COam e COp se diferiram entre si nos diferentes sistemas de manejo, em função do caráter recalcitrante apresentado pelo Coam. Na área de $SPD_{18}$ foram verificados os valores mais elevados na fração COp.

O COp representa a fração lábil da matéria orgânica, que é mais sensível ao revolvimento do solo, sendo facilmente mineralizada caso não sejam adotados manejos conservacionistas. Segundo MOURA et al. (2015). O armazenamento de COp representa um benefício ambiental que depende da continuidade dos sistemas de preparo mínimo do solo, como o SPD, garantindo contínuo aporte de resíduos vegetais em superfície. A fração COam, apresentou maiores teores de C devido à proteção que essa fração recebe, sendo menos alterada pela forma de manejo (MOURA et al., 2015), corroborando com a hipótese de que a proteção de minerais de argila e silte dificultam a decomposição da MOS. Portanto, a fração particulada da matéria orgânica é um potencial indicador da qualidade da MOS em relação às alterações provenientes do manejo.

Na Tabela 2 são apresentados os teores de COT e das frações granulométricas da matéria orgânica do solo, COp e COam, nos agregados fisiogênicos das diferentes áreas estudadas. Em relação aos teores de C, nas frações mais lábeis (COp) da matéria orgânica do solo, observou-se maiores teores na área $SPD_{18}$ e, respectivamente, menores em SPC. Assim, a utilização do sistema $SPD_{18}$, independentemente da área de manejo, e camada analisada, ampliou o potencial de acúmulo de COS apresentando maiores teores de C.

O fracionamento granulométrico permite o estudo dos compartimentos mais humificados ligados às frações minerais do solo: areia, silte e argila, tipicamente mais estáveis às mudanças nos ambientes do solo decorrentes do tipo de manejo (MOURA et al., 2015; FELLER & BEARE, 1997). Na literatura estudos confirmam sua utilização na quantificação dos teores de carbono nas frações granulométricas do solo como indicador de qualidade do solo em sistemas conservacionista.

Segundo CONCEIÇÃO et al. (2014), o fracionamento granulométrico demonstra ser uma ferramenta eficiente para a avaliação do efeito de sistemas de manejo na qualidade de solos agrícolas.

## CONCLUSÕES

O COT e suas frações granulométricas são importantes indicadores de qualidade do solo, pois possuem alta sensibilidade aos diferentes sistemas de manejo. O grau de sensibilidade é maior nas frações lábeis (COp) da MOS.

A área SPD após dezoito anos, em diferentes vias de formação, propiciou teores de C semelhantes à de mata nativa, além de mostrar incrementos nos teores de carbono orgânico total e nas frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo se comparado com o SPC.

## REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stapes JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Braz Meteorol Z. 2014; p.711–728.

Bullock P, Federoff N, Jongerius A, Stoops G, Tursina T. Handbook for soil thin section description. Waine Res Public. England: Albrighton. 1985; p.152.

Cambardella CA, Elliott ET. Particulatesoil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci Soc Am J. 1992; p.777-783.

Conceição, PC, Cimélio B, Jeferson D, Santos DC. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. Ciênc Rural. 2014; p. 794-800.

Gazolla PR, Guareschi RF, Perin A, Pereira MG, Rossi CQ. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. Semina: Ciênc Agrár. 2015; p. 693-704.

Lopes RB, Miola DTB. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. SynThesis R. Dig. FAPAM. 2010; p. 127-143.

Machado PLOA. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. Quím Nova. 2005. Vol.28, n.2.

Moura OVT, Pereira MGP, Rossi CQ, Almeida APC. Fracionamento Granulométrico da Matéria Orgânica em Agregados Biogênicos, Intermediários e Fisiogênicos sob Diferentes Manejos Agroecológicos. XXXV C. Bras Ci Solo: O Solo e Suas múltiplas Funções. 2015.

Nitsche, P.R; Camori, P.H.; Ricce, W. S.; Pinto, L. F. D. Atlas Clim. Est. Paraná. Londrina, PR: IAPAR. 2019.

Paiva AO, Rezende AV, Pereira RS. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. R. Árvore. 2011; p. 527-538.

Pinto LASR, Pereira MG, Santos OAQ, Souza RS, Morais IS, Ferreira R, Junior WFS, Martelleto LAP. Braz Jour Develop Curitiba. 2020; p.10268 – 10285.

Primieri S, Muniz AW, Lisboa HDM. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. FLORAM. 2017; p. 24.

Rosset JS. Caracterização Da Matéria Orgânica, Atributos Químicos E Físicos Do Solo Sob Diferentes Sistemas De Manejo Na Região Oeste Do Paraná [tese]. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2015.

Souza JL, Prezotti LC, Guarçoni M. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. Idesia (Arica). 2012; p. 7-15.

Teixeira PC, Donagema GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise do solo. 3. ed. Brasília: Embrapa. 2017; p. 573.

Yeomans JC, BREMNER JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comm Soil Sci Plant Anal. 1998; p .1467-1476.

Tabela 1. Teor de carbono orgânico total e das frações granulométricas da matéria orgânica do solo nos agregados biogênicos das diferentes áreas estudadas.

| Trat. | 0,00 – 0,05 m | | | 0,05 – 0,10 m | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | COT | Cop | Coam | COT | Cop | Coam |
| | g kg$^{-1}$ | | | g kg$^{-1}$ | | |
| SPC | 11,2a* | 1,1b* | 10,1a | 8,0a | 0,7c* | 7,3a |
| PP | 15,3a | 1,5b* | 13,9a | 6,8a | 1,1bc* | 5,7a |
| $SPD_6$ | 14,1a | 1,3b* | 12,9a | 12,0a | 1,7b | 10,3a |
| $SPD_{18}$ | 14,6a | 2,6b | 12,0a | 12,3$^a$ | 2,5$^a$ | 9,8a |
| CV(%) | 34,3 | 31,4 | 37,7 | 40,2 | 25,1 | 48,5 |
| MN | 21,5 | 3,3 | 18,2 | 12,3 | 2,2 | 9,80 |

COT: Carbono Orgânico Total; Cop: Carbono Orgânico Particulado; Coam: Carbono Orgânico associado aos Minerais. SPC: Sistema de Plantio Convencional; PP: Pastagem Permanente; $SPD_6$: sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{18}$: sistema plantio direto com 18 anos; MN: Mata Nativa.

Tabela 2. Teor de carbono orgânico total e das frações granulométricas da matéria orgânica do solo nos agregados fisiogênicos das diferentes áreas estudadas.

| Trat. | 0,00 – 0,05 m | | | 0,05 – 0,10 m | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | COT | Cop | Coam | COT | Cop | Coam |
| | g kg$^{-1}$ | | | g kg$^{-1}$ | | |
| SPC | 10,9b | 0,7b* | 10,2a | 10,2b* | 0,5b* | 9,7ab* |
| PP | 18,8ab* | 2,4a | 16,4a* | 6,6b | 1,7a | 4,9bc |
| SPD 6 | 13,7ab | 0,8b* | 12,9a | 4,0b | 1,8a | 2,2c |
| SPD 18 | 19,3a* | 1,8a | 17,5a* | 17,5a* | 1,5a | 16,0a* |
| CV(%) | 34,3 | 31,4 | 37,7 | 40,2 | 25,1 | 48,5 |
| MN | 10,5 | 2,1 | 8,4 | 4,8 | 1,9 | 2,9 |

COT: Carbono Orgânico Total; Cop: Carbono Orgânico Particulado; Coam: Carbono Orgânico associado aos Minerais. SPC: Sistema de Plantio Convencional; PP: Pastagem Permanente; $SPD_6$: sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{18}$: sistema plantio direto com 18 anos; MN: Mata Nativa.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Curva de Retenção de Água de um Cambissolo Háplico Alumínico em Função de Diferentes Métodos de Incorporação e Doses de Calcário

Heverton Fernando Melo[1]; Lucia Helena Wiecheteck [2]; Fabrício Tondelo Barbosa[3]

[1] Estudante de doutorado do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av: General Carlos Cavalcanti, 4748, Ponta Grossa/PR, 84030-900, hevertonfernando@gmail.com;
[2] Estudante de doutorado no Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa;
[3] Professor do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## INTRODUÇÃO

A retenção da água no solo representa a capacidade de armazenamento de água que o solo possui, sendo que fatores como a estrutura, textura e a mineralogia do solo interferem na capacidade de retenção de água (SILVA, 2005). Por meio da porosidade e textura do solo pode-se inferir o comportamento da água em seu interior, avaliando suas características de retenção e condução.

Para avaliar as características de retenção de água no solo, utiliza-se a curva de retenção de água no solo, que correlaciona o seu teor de água e a tensão com que a mesma está retida no solo, sendo que se considera dois processos básicos que explicam a retenção de água pelo solo.

O primeiro é a capilaridade, que ocorre nos microporos (diâmetro menor que 30μm), sendo mais importante na faixa mais úmida do solo e é mais influenciada por sua estrutura, e o segundo é a adsorção, que ocorre nas superfícies dos sólidos como filmes presos a elas, sendo mais importante na faixa mais seca do solo, é influenciada principalmente pela textura e pela sua superfície específica (HILLEL, 1971; REICHARDT,1990 e LIBARDI, 1995).

Por meio da curva de retenção, identifica-se que, quando o solo se encontra na condição de saturação ou próximo desta, pequenas sucções são suficientes para extrair a água do mesmo, por outro lado, em solos com umidade reduzida, a retirada de água exige elevadas sucções.

Assim, a curva mostra todas as gradações entre estes extremos, indicando a modificação gradual na tensão com que a água é retida quando se diminui ou aumenta a umidade (BRADY; BUCKMAN, 1989). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das doses e métodos de incorporação de calcário sobre a retenção de água de um cambissolo Háplico alumínico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de propriedade rural familiar, localizada no distrito de Cerro da Ponte Alta, município de Irati, região sudeste do estado do Paraná, sendo que a pesquisa foi conduzida em uma área de 0,2ha

sobre um Cambissolo Háplico alumínico (EMBRAPA, 2018), de textura argilo-siltosa.

O arranjo experimental utilizado foi em faixas com parcelas subdivididas, delineado em blocos, composto de três métodos de incorporação (parcelas) e quatro doses de calcário (subparcelas). Cada parcela tinha dimensões de 5x30m, totalizando 150 $m^2$.

Os métodos de incorporação variaram de acordo com as formas de aplicação de calcário no solo, sendo: calcário sem incorporação (CSI), calcário incorporado com arado e grade niveladora (CIAG), e calcário incorporado com escarificador e grade niveladora (CIEG).

As doses utilizadas foram calculadas para elevar a saturação por bases da camada de solo de 0-0,2 m, para 50, 70 e 90%, respectivamente para 10, 15, e 20 Mg $ha^{-1}$ de calcário.

Após a colheita do milho da safra 2018/2019, sete meses após a reaplicação de calcário nos tratamentos, conforme as doses e os métodos de incorporação estabelecidos, foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de um trado Uhland em anéis cilíndricos, de aproximadamente 0,05m de altura e 0,05m de diâmetro, na camada 00,05, para determinação da retenção de água no solo.

Para a determinação da curva de retenção de água no solo, após o devido preparo, as amostras indeformadas coletadas na camada de 0-0,05m foram saturadas pelo processo de ascensão capilar (KLUTE, 1986). Depois da saturação, aplicaramse os potenciais mátricos (Ψm) de -1, -3, -6 e -10, 33, -50, e -75kPa em mesa de tensão (modelo M10801, Eeijkamp®).

A curva de retenção de água no solo (CRAs) foi ajustada pelo modelo matemático de Van Genuchten (1980), com a restrição de Mualem (1976), sendo que os parâmetros empíricos da equação de ajuste foram determinados pelo software SWRC Fit (SEKI, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os parâmetros de ajuste das curvas de retenção de água no solo (CRAs) pelo modelo matemático de Van Genuchten (1980), para a camada de 0-0,05 m do solo em função dos métodos de incorporação do solo. Nota-se que, ocorreu pequeno acréscimo no conteúdo de agua (Θs) no solo nos métodos de incporação com revolvimento do solo.

Na figura 1 são apresentadas CRAs nos três métodos de incorporação. Os efeitos da mobilização do solo no CIAG e CIEG proporcionaram aumento na retenção de água nos Ψm mais negativos na camada na camada avaliada. Atribui-se esse efeito ao aumento do espaço poroso proporcionado pelo revolvimento do solo na camada de 0-0,05m.

**Tabela 1.** Parâmetros das curvas de retenção de água e coeficiente de determinação (R2) das regressões, ajustadas pelo modelo matemático de van Genuchten (1980), na camada de 0-0,05 m nos diferentes métodos de incorporação: calcário incorporado com arado e grade (CIAG), calcário incorporado com escarificador e grade (CIEG) e calcário sem incorporação (CSI) de um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico.

| Métodos de Incorporação | Θs | Θr | α | n | m | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-0,05m | $m^3\ m^{-3}$ | | | kPa | | |
| CSI | 0,54 | $3,79e^{-6}$ | 2,87 | 1,05 | 0,05 | 0,98 |
| CIAG | 0,55 | $3,95e^{-6}$ | 1,02 | 1,06 | 0,05 | 0,97 |
| CIEG | 0,55 | $1,01e^{-5}$ | 1,21 | 1,05 | 0,05 | 0,97 |

θs e θr = conteúdos de água de saturação e residual, respectivamente; α, n, m = parâmetros empíricos de ajuste

Tanto CIAG como CIEG aumentaram a retenção de água da camada 0-0,05 m na em relação ao CSI. A mobilização da estrutura do solo aumenta a porosidade total (Pt), aumentando desta forma o θs (DANE et al., 2002; MACHADO et al., 2008; MICHELON et al., 2010). O aumento da Pt pode ser acompanhado pelo aumento da microporosidade do solo, e com isto maior será

a retenção nos Ψm mais negativos (SHUKLA et al., 2003; LIPIEC et al., 2007). Essa diferença também foi observada por Shukla et al. (2003).

Auler et al. (2017) em condições semelhantes a deste trabalhou observaram que os efeitos do revolvimento do solo reflete sobre o aumento do espaço poroso do solo na camada 0-0,1m, beneficiando o aumento da retenção de água em comparação a ausência do revolvimento. Os autores atribuem esse efeito a intensidade de mobilização do solo pelos métodos empregados, isto é, aração>escarificação>ausência de revolvimento.

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros de ajuste das CRAs pelo modelo matemático de van Genuchten (1980) na camada de 0-0,05m em função das doses de calcário aplicadas. O θs aumentou com a aplicação de calcário (doses 10, 15 e 20 Mg $ha^{-1}$).

**Tabela 2**: Parâmetros das curvas de retenção de água e coeficiente de determinação ($R^2$) das regressões, ajustadas pelo modelo matemático de van Genuchten (1980), para a camada de 0-0,05 m em função das doses de calcário aplicadas um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico.

| Doses de calcário | Θs | Θr | α | n | m | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mg $ha^{-1}$ | $m^3$ $m^{-3}$ | | | kPa | | |
| 0 | 0,52 | 1,49e$^{-6}$ | 2,62 | 1,05 | 0,05 | 0,97 |
| 10 | 0,57 | 2,07e$^{-6}$ | 1,80 | 1,05 | 0,05 | 0,98 |
| 15 | 0,55 | 4,90e$^{-6}$ | 1,52 | 1,05 | 0,05 | 0,98 |
| 20 | 0,55 | 1,03e$^{-5}$ | 0,78 | 1,06 | 0,05 | 0,98 |

θs e θr = conteúdos de água de saturação e residual, respectivamente; α, n, m = parâmetros empíricos de ajuste.

Na figura 2 são apresentadas as CRAs em função das doses de calcário aplicadas. Houve redução na retenção de água no solo quando na ausência de calcário (dose 0 Mg $ha^{-1}$). Consequentemente, com a aplicação das doses de calcário houve maior retenção de água no solo na camada de 0-0,05m em relação a ausência de calcário, todavia, a retenção de água foi pequena quando na aplicação de doses diferenciadas de calcário.

Na ausência de calcário (dose 0 Mg $ha^{-1}$) a retenção de água foi menor em todos os potenciais matriciais (Ψm). Já a aplicação de calcário (doses 10, 15 e 20 mg $ha^{-1}$) proporcionou maior retenção de água, mesmo nos Ψm mais negativos. Entre o θs e o Ψm de -10 kPa, as CRAs com calagem apresentou comportamento similar. Entretanto, a partir do Ψm de -10 kPa, ocorreram diferenças relativamente pequenas na retenção de água com a aplicação de calcário, sendo essa diferença mais expressiva nos Ψm de 50 e 75 kPa.

Nota-se que a calagem aumentou a retenção de água na camada avaliada quando incorporada (figura 1). Todavia, a literatura demonstra que a retenção é dependente exclusivamente da textura do solo e do teor de carbono orgânico no solo (BEUTLER et al., 2002; MACHADO et al., 2008; MICHELON et al., 2010).

Considerando que o solo avaliado apresenta altos teores de argila e carbono orgânico, somado a correção de sua acidez e doses crescentes de calcário, ambos fatores contribuíram para o aumento da retenção de água nos métodos de incorporação com revolvimento (figuras 1 e 2).

Possivelmente este resultado ocorreu em decorrência do aumento do pH do solo e, pela substituição do $Al^{3+}$ por $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ no complexo de troca. Esses efeitos da calagem beneficiaram a estruturação do solo, no grau de floculação bem como na porosidade total.

Com o aumento do pH do solo pela calagem ocorre aumento na quantidade de cargas negativas, precipitação de $Al^{3+}$ e aumento nos teores de $Ca^{2+}$, principalmente, e $Mg^{2+}$ beneficiando o desenvolvimento de raízes, sendo que na camada de 0-0,05 m a presença de mesoporos é favorecida pelo desenvolvimento radicular que combinado com altos teores de carbono orgânico favorecem o aumento da retenção de água.

Também deve ser ressaltado que o $Ca^{2+}$ e o $Mg^{2+}$ apresentam reduzido raio iônico, logo um grande raio hidratado (SPARKS, 2003; SPOSITO, 2008). Um grande raio hidratado significa que há grande quantidade de moléculas de água em torno do íon. Deste modo, o aumento da retenção pelo aumento nos teores de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ no solo também pode ser atribuído ao maior raio hidratado destes cátions.

## CONCLUSÕES

Dentro dos potenciais matriciais de 0 a -75 kPa, a retenção de água no solo foi maior nos tratamentos com revolvimento do solo (CIAG e CIEG) em comparação com o CSI.

A aplicação de calcário resultou no aumento da retenção de água no solo, independente da dose.

## REFERÊNCIAS

Auler, A.C. et al. Effects of surface-applied and soilincorporated lime on some physical attributes of a Dystrudept soil. Soil Use and Management, v. 33, n. 1, p. 129–140, 2017.

Beutler, A.N. et al. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2002, vol.26, n.3, pp.829-834. ISSN 1806-9657.

Brady, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7ª. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.

Dane, J.H. et al. Methods of soil analysis: Part 4 - Physical methods. 3. Ed. Madison: Soil Science Society of America, 2002. 1692 p.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Brasília, 2018. 531p.

Hillel. D. Soil and Water: Physical Principles and Processes. Londres: Academic Press, Inc. p. 29-77. 1971.

Klute, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C.A., ed. Methods of Soil Analysis. I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 635662.

Libardi, P.L. Dinâmica da Água no Solo. Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ: Piracicaba, 497p. 1995.

Lipiec, J. et al. The effect of aggregate size on water retention and pore structure of two silt loam soils of different genesis. Soil and Tillage Research, v. 97, n. 2, p. 239-246, 2007.

Machado, J.L. et al. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um latossolo sob diferentes sistemas de uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 2, p. 495-502, 2008.

Michelon, C.J. et al. Funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em alguns solos do Rio Grande do Sul. Ciência Rural, v. 40, n. 4, p. 848-853, 2010.

Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Res. Res., 12; 513-522, 1976.

Reichardt, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Ed. Manole Ltda. Cap.3, p.27-65. 1990.

Seki, K. SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, 4: 407-437. 2007.

Shukla, M. K.; Lal, R.; Ebinger, M. Tillage effects on physical and hydrological properties of a typic argioquoll in Central Ohio. Soil Science, v. 168, n. 11, p. 802-811, 2003.

Silva, AM. Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros. [dissertação]. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. 2005.

Van Genuchten, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980

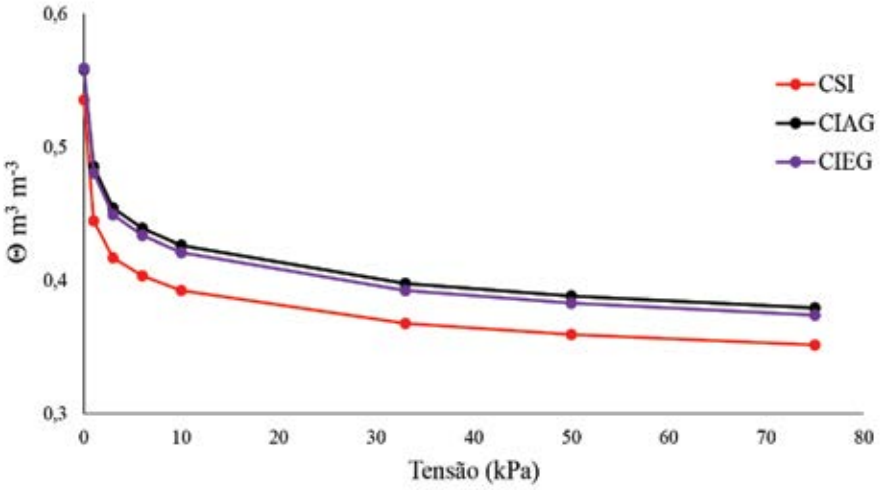



Figura 1. Curvas de retenção de água na camada de 0-0,05 m nos diferentes métodos de incorporação e doses de calcário aplicadas: calcário incorporado com arado e grade (CIAG), calcário incorporado com escarificador e grade (CIEG) e calcário sem incorporação (CSI) de um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico.

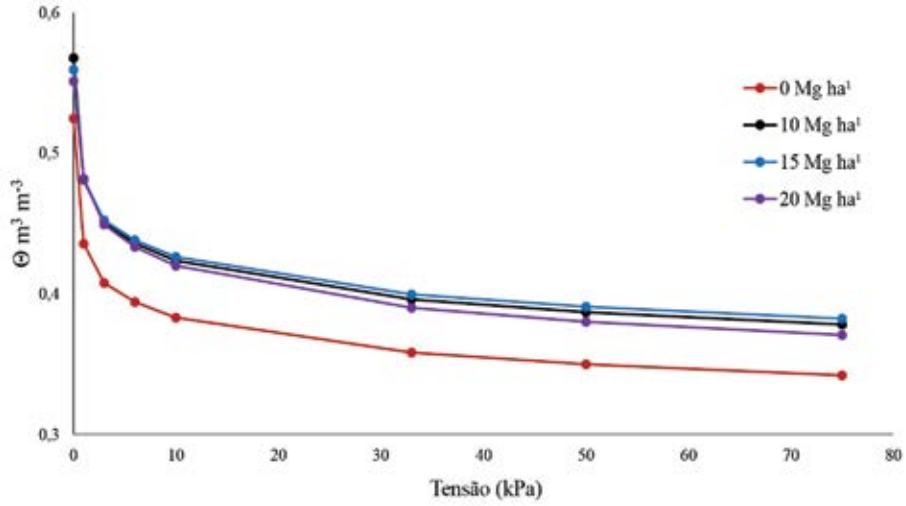



Figura 2: Curva de retenção de água no solo na camada de 0-0,05 m em função das doses de calcário: 0, 10, 15 e 20 Mg $ha^{-1}$ aplicadas em um CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Dinâmica Pluvi-Fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã no Oeste do Rio Grande do Sul

Carlos Eduardo Linhares Feitosa [1]; Cláudia Alessandra Peixoto de Barros [2]; Jean Paolo Gomes Minella [3]; Felipe Bernardi [4]; Ana Paula Levandoski[1]; Davi Elias Koedender [4]; Liana Dambros[4]

[1]Aluno de Pós-Graduação em Ciência do Solo - PPG, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS , (eduardo.linhares@live.com; anapaula.levandoski@gmail.com); [2]Professora Adjunta, Departamento de Solo/UFRGS, (claudia.barros@ufrgs.br); [3]Professor Adjunto, Departamento de Solos/UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), Avenida Roraima nº 1000, 97105900, Santa Maria – RS, (jminella@gmail.com); [3]Aluno de PPG em Ciência do Solo, UFSM (felipekbernardi@gmail.com); [4]Aluno de Agronomia, UFRGS (davikoefender@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

É de conhecimento que o comportamento espaçotemporal das chuvas é de grande importância para o entendimento da dinâmica hidrológica a qual influencia diretamente nas atividades como a agricultura e a economia (Medeiros et al. 2019).

O bioma Pampa é situado apenas no estado do Rio Grande do Sul, ocupando cerca de 62% do território; no exterior, está presente na Argentina e todo o território do Uruguai (Lipinski et al. 2010). Apesar da imensa diversidade de espécies ecologicamente importantes para o funcionamento do meio, estudos indicam que grande parte de sua vegetação original foi removida para atualmente estar ocupada com atividades agrícolas levando a acentuada fragmentação do bioma (Beneduzi et al. 2019; Silveira et al. 2017).

Na região da bacia do rio Uruguai, onde a Bacia do rio Ibirapuitã está inclusa, Wollmanm (2014), verificou a ocorrência de 30 eventos ao longo de 2000 a 2013 que configuraram como enchentes aos centros urbanos atribuindo a correntes perturbadas de origem polar (Frentes Polares).

O trabalho busca apresentar a distribuição temporal das médias anuais da chuva e vazão específica para o entendimento da dinâmica pluvifluviométrica no período de 1986 a 2018 na bacia do Rio Ibirapuitã localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

A bacia hidrográfica do rio Ibirapuitã localiza-se entre os municípios de Alegrete e Santana do Livramento (**Figura 1**). A bacia possui área de drenagem de 5949 km$^2$ e é composta por três subbacias hidrográficas: a principal (Ibirapuitã), PaiPasso e Caverá.

O clima da região é classificado como subtropical temperado quente (Cfa na classificação de Köppen), com estações definidas, e precipitação de 1500 mm média anual, ocorrendo as maiores precipitações em junho e julho (Silva &

Klein, 2015). O relevo da bacia varia de 80 a 370 metros de altitude. Os solos predominantes na bacia foram classificados como Argissolo Vermelho Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico, Nitossolo, Planossolo, Chernossolo e Vertissolo (Embrapa, 2006).

O uso do solo e cobertura vegetal na bacia consiste em áreas de preservação permanente (APP), lavouras de arroz (*Oryza sativa*) (17.12%), pastagens cultivadas (2.45%) e nativas (71.25%), mais recentemente soja (*Glycine max*) (4.34%), Mata Ciliar (App's) (3.16%) e centro urbano (1.36%). De acordo com MapBiomas na área de estudo de 1986 até 1999 a bacia era composta por 80% de campo nativo já que dentro da bacia há área de proteção ambiental do rio Ibirapuitã (3187,7 km$^2$), e o restante com pastagens cultivadas e plantio de arroz e milho. Contudo a partir de 2005 houve uma redução considerada do plantio de milho e mais de 30 km$^2$ foram convertidos em áreas com cultivo de soja.

## Banco de Dados

Os dados foram adquiridos por meio do Hidroweb (http://hidroweb.ana.gov.br/) site regido pela Agência Nacional de Água (ANA). Dados de precipitação de cinco estações no interior e ao redor da bacia foram utilizados a partir de um banco de dados de 33 anos (1986-2018).

O monitoramento da vazão foi realizado na estação fluviométrica (código 76750000), localizada no município de Alegrete. Os dados de nível e vazão do rio encontram-se atualizados diariamente sendo administrada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

As cinco estações pluviométricas analisadas continham falhas de precipitação dentro do período estudado. Para o preenchimento das falhas foi utilizado o método da Média aritmética simples descrita por (Bier & Ferraz, 2017).

Para o preenchimento de falhas de vazão utilizou-se a regressão linear simples (equação 1).

$$Y = \beta_0 X + \beta_1 \qquad \text{(eq. 1)}$$

Onde $Y$ - vazão dos anos com falha, m$^3$ s$^{-1}$; X – vazão dos anos com dados completos, m$^3$ s$^{-1}$; $\beta_0$ e $\beta_1$ - parâmetros ajustados na regressão.

A vazão específica média do período avaliado foi obtida por meio da divisão dos dados de vazão média anual pela área de drenagem da bacia, de acordo com a equação (2) como descrita por Pruski et al., (2004):

$$Q_m = \frac{Q_a}{A_I} \qquad \text{(eq. 2)}$$

Onde $Q_m$ – Vazão específica média por Ls$^{-1}$ Km$^2$;
$Q_a$ - vazão média anual Ls$^{-1}$;
Ai - área de drenagem da estação, km$^2$

## Análise dos dados

Foi realizada uma análise estatística entre os dados hidrológicos de precipitação (mm) e vazão específica (L s$^{-1}$ km$^2$) ao longo da série de 33 anos por meio das médias anuais e regressão simples entre a precipitação média anual e a vazão específica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios anuais pluviais e de vazões, durante o período de 1986 a 2018 na bacia hidrográfica do Rio Ibirapuitã estão contidos na **figura 2**. A média de precipitação para o período avaliado foi de 1510 mm e de 20,15 L s$^{-1}$ km$^{-2}$ para vazão específica. Em praticamente todo o período avaliado a precipitação e vazão mantiveram um padrão similar de comportamento, ou seja, quando houve redução ou aumento da

precipitação a vazão respondeu com a mesma dinâmica.

A precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Ibirapuitã acordo com INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) é de 1500 mm.

Perante isto, destaca-se os anos de 1986, 1992, 1998, 2002 e 2017 se concentraram os anos de maior precipitação. Estas altas precipitações foram acompanhadas das maiores vazões média anual específica 33,05; 30,98; 39,27; 47,25; 29,23 L $s^{-1}$ $km^2$, respectivamente.

A média anual de chuvas abaixo da média central para a bacia ocorreram nos anos de 1988, 1989, 1995, 1999, 2004, 2005 e 2006. Os valores de precipitação variaram de 1251 a 1032 mm. Estes dados também são acompanhados das menores vazões obtida no período estudado ficando entre 12,90 a 4,12 L $s^{-1}$ $km^2$.

Estes dados indicam que a precipitação foi um fator que fortemente influenciou na elevação do nível do rio que é medido na estação fluviométrica que se encontra em Alegrete. Segundo Alencar et al., (2006) as variações da precipitação influenciam significativamente na ocorrência ou redução do escoamento superficial e consequentemente no nível dos rios.

Para melhor compreensão da relação entre a vazão e precipitação. Na figura 3, é apresentada a correlação entre ambas ($R^2$=0,83). Este dado indica que há uma forte correlação entre as variações de precipitação e vazão no período em questão. Esta correlação também indica que em anos de altas e intensas precipitações podem ocasionar extremos na vazão dos cursos d'água, com eventos de cheias, resultando em enchentes. Como sucedeu em 2010, 2011 e 2017, e escassez hídrica ocorrida na região em 1998, 2004 a 2006.

Nos períodos de 2008-2009 e 2015-2016, épocas de intensa expansão agrícola na bacia, ocorreram dinâmicas diferentes, ou seja, a vazão aumentou quando a precipitação reduziu. Para o primeiro período a precipitação de 2009 foi 28,6 mm menor que no ano anterior, contudo, a vazão especifica foi 6,1 L $s^{-1}$ superior a 2008. O mesmo ocorreu em 2016, no qual a precipitação foi 215,9 mm menor, mas obtendo vazão específica de 1,8 L $s^{-1}$ superior a 2015. Segundo Brito et al. (2020) concluíram que a variação da vazão é atribuída também pela influência da ação antrópica na bacia. Portanto, que a vazão não é só variada pela quantidade de lâmina precipitada. E que alterações na superfície de áreas de captação resulta em impactos sobre parâmetros como escoamento dos cursos d'águas, infiltração e redistribuição de água, recarga do lençol freático e evapotranspiração.

Dados disponíveis no Mapbiomas (https://mapbiomas.org/) indicam uma substituição de aproximadamente 30 $km^2$ de campos nativos por áreas agrícolas na bacia do Rio Ibirapuitã no período de 2000 a 2015. Essas alterações são um fator crucial na variação da vazão que também é fortemente influenciada pelas atividades exercidas sobre o solo de uma bacia hidrográfica Souza et al. (2017).

## CONCLUSÕES

A distribuição da precipitação pluviométrica da bacia do Rio Ibirapuitã influência diretamente na dinâmica fluvial da área de drenagem da bacia, ou seja, as vazões anuais foram condizentes com as lâminas de chuvas que ocorreram nos anos selecionados. A combinação de fatores como a variação da precipitação, área total da bacia, topografia, permeabilidade, tipo de solos, mudanças no uso, cobertura e ocupação do solo, podem interferir no regime de vazões da bacia hidrográfica em estudo. Contudo, é importante ressaltar na existência da incerteza de quanto cada um contribui para variação da vazão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de doutorado. Ao projeto Nexus (Os sistemas de produção pecuários na Bacia do Rio Ibirapuitã e suas relações com água e a energia na produção de alimentos - 20/2017), além do programa de Pós Graduação em Ciência do solo/UFRGS pelo apoio financeiro à execução do trabalho.

## REFERÊNCIAS

Alencar DBSM, Silva CL, Oliveira CAS. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. 2006; Eng. Agríc; 26; 1.dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100012.

Beneduzi A, Borges LGA, Alvarenga SM, Faoro H, Souza EM, Vargas LK, Passaglia LMP. Distinct grazing pressure loads generate different impacts on bacterial community in a long-term experiment in Pampa biome. 2019; Applied Soil Ecology; 137 167–177. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.02.005.

Bier & Ferraz. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas em Dados Meteorológicos para Estações no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, 2017; 32, 2, 215-226, Doi: 10.1590/0102-77863220008.

Brito TRC, Lima JRS, Oliveira CL, Souza RMS, Antonino ACD, Medeiros EV, Souza ES, Alves, EM. Mudanças no Uso da Terra e Efeito nos Componentes do Balanço Hídrico no Agreste Pernambucano. Revista Brasileira de Geografia Física; 2020; 13; 02.doi: 10.26848/rbgf.v11.3.p864876.

Lipinski VM & Santos TG. Estrutura e organização espacial de duas comunidades de anuros do bioma Pampa. Iheringia, Sér. Zool. 2014; 104; 4. Doi: 10.1590/1678-476620141044462469.

Medeiros ES, Lima RR, Olinda RA, Santos CAC. Modeling Spatiotemporal Rainfall Variability in Paraíba, Brazil. Water, 2019; 11, 1843. Doi: 10.3390/w11091843.

Pruski FF, Pereira SB, Novaes LF, Silva DD, Ramos M. Precipitação média Precipitação média anual e vazão específica azão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco duração, na Bacia do São Francisco. 2004; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental; 8; 2/3.

Silveira VC, González EL. Fonseca Land use changes after the period commodities rising price in the Rio Grande do Sul State, Brazil. 2017; Cienc. Rural; 47; 4. doi:10.1590/0103-8478cr20160647.

Silva Jr VP, Montenegro AAA, Silva TPN, Guerra SMS, Santos, ES. Produção de água e sedimentos em bacia representativa do semiárido pernambucano. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2011; 15; 10. Doi: 10.1590/S1415-43662011001000012.

Souza NS, Souza WJ, Cardoso JMSC. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. Eng Sanit Ambient. 2017; 22; 3. DOI:10.1590/S1413-41522017155279.

Wollmann C.A. Enchentes no Rio Grande do Sul do Século XXI. Mercator, 2014; 13. DOI: 10.4215/RM2014.1301. 00.

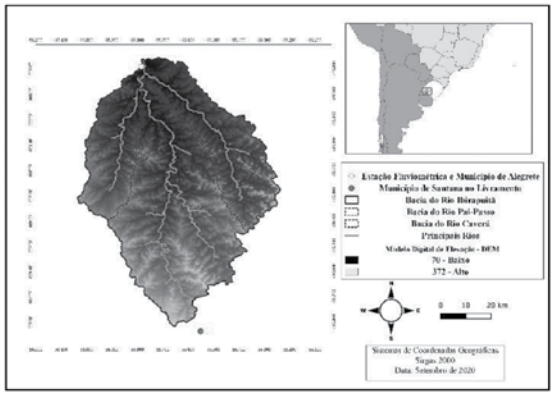



**Figura 1.** Localização, elevação e principais rios da bacia hidrográfica do rio Ibipapuitã.

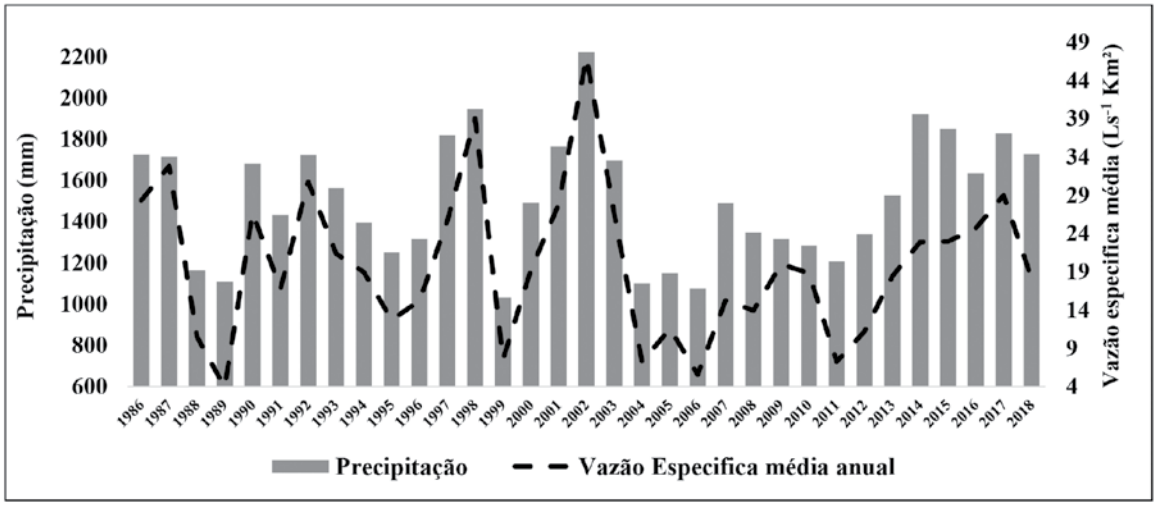



**Figura 2.** Precipitação e vazão média anual da bacia hidrográfica do Rio Ibirapuitã, para os anos de 1986 e 2018.

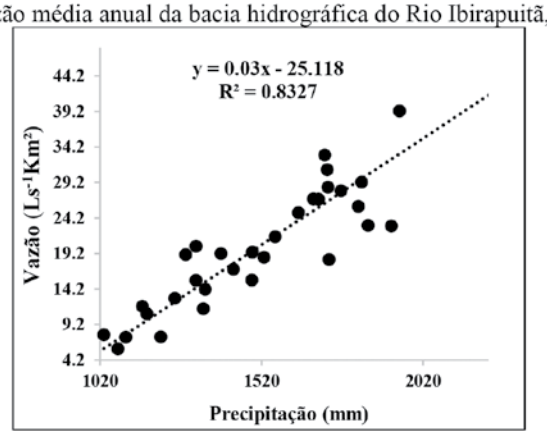



**Figura 3.** Correlação entre vazão média e precipitação anuais da bacia hidrográfica do Ibirapuitã para o período de 1986 a 2018.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Duração da escarificação durante o ciclo da cultura da soja e sua influência sobre a produtividade em um Planossolo

Mara Grohs[1]; Alicia Baumhardt Dorneles[2]; Giovane Rodrigo Friedrich Neu [3]; Rodrigo de Moura Silveira [4]

[1]Pesquisadora, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Estação Regional de Pesquisa do IRGA, BR-290, Km 274, Barragem do Capané, Cachoeira do Sul, grohs.mara@gmail.com; [2]Estudante, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [3] Estudante, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS); [4] Técnico Agrícola, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA)

## INTRODUÇÃO

Na busca por alternativas sustentáveis durante o manejo da lavoura de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, têm se difundido a alternância com outras culturas, especialmente a soja (*Glycine max* (L.) Merri.). O principal benefício desta alternância caracteriza-se pelo controle de plantas daninhas, tornando-se também uma opção de diversificação e renda ao produtor de arroz (KLUTHCOUSKI et al, 2004).

Porém existem diversos desafios para que a cultura da soja consiga expressar seu real potencial produtivo em solos com condições de hidromorfismo, característica dos solos de terras baixas. Na totalidade, estes solos já foram submetidos a um certo grau de revolvimento e cultivo, seja no preparo do solo ou na colheita da cultura do arroz com alta umidade, ocasionando desestruturação dos atributos físicos do solo (VEDELAGO et al, 2013). Em destaque, a presença de camadas subsuperficial compactadas (TAYLOR et al, 1966) e ao selamento superficial, que dificultam a emergência das sementes e restringe o desenvolvimento das raízes, limitando a exploração de nutrientes e água do solo, consequentemente reduzindo a produtividade.

Como uma alternativa para reduzir os efeitos da compactação, diminuir a densidade e resistência do solo a penetração de raízes (GIACOMELI et al, 2016; COLET, 2009), recomenda-se a escarificação do solo antes da semeadura. Entretanto, os efeitos da escarificação podem persistir desde poucos meses até alguns anos, dependendo das características do solo e das práticas de manejo (ÁLVAREZ et al., 2009; DRESCHER, 2016).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo verificar o tempo de duração do efeito da descompactação do solo, por meio da escarificação mecânica e sua influência sobre a produtividade da cultura da soja em terras baixas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos agrícola 2018/19 e 2019/20, na Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizado na cidade de Cachoeira do Sul – RS (latitude: 30° 13 '32.3" S, longitude: 52° 56' 49.9" W e altitude: 95 m). O solo utilizado é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico Arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi realizado em esquema bifatorial com delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O fator A foi a escarificação e não escarificação do solo e o fator B foi diferentes anos agrícolas, safra 2018/19 e 2019/20. A escarificação e semeadura ocorreram dia 25/10/18 e 10/12/2018, respectivamente, na safra 2018/19 e 01/10/19 e 10/12/2019, na safra 2019/20. A escarificação da área foi realizada com um sulcador de seis hastes até 0,25 m de profundidade. Cada unidade experimental foi constituída de seis linhas, espaçadas 0,5 m por quatro metros de comprimento, totalizando 12 $m^2$ de área útil.

Em relação às avaliações, foi determinada a resistência mecânica a penetração, através do penetrógrafo Falker, modelo PLG 1020, considerando a profundidade de 0 a 40 cm, em dez pontos por parcela sempre após uma irrigação ou uma chuva. No momento das avaliações também foi determinada a umidade gravimétrica nos mesmos tratamentos na camada de 0,20 m conforme metodologia da EMBRAPA (2013). E a produtividade de grãos foi avaliada através da colheita manual de quatro linhas por dois m de comprimento, totalizando 4 $m^2$, as quais foram trilhadas, limpas, pesadas e tiveram a umidade corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Os anos foram comparados pela análise conjunta e as médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis resistência mecânica a penetração e produtividade houve diferença estatística entres os anos agrícolas estudados.

Em relação a resistência mecânica a penetração (RP) foram encontrados os maiores valores na safra 2018/19 em relação à safra 2019/20 (figura 1), assim como também observou-se que os maiores valores de RP aconteceram aos 119 DAE (dias após a escarificação), 2,19 MPa, seguido dos 190 DAE, 1,79 MPa e os menores valores aos 56 DAE, 1,37 MPa. Na safra 2019/20 a RP logo após a escarificação foi menor, 1,20 Mpa, que a avaliada no final do ciclo da cultura, 1,45 MPa.

Segundo o autor Reichert et al (2009) valores superiores a 2 MPa interferem negativamente no desenvolvimento radicular das plantas. E a duração dos efeitos da escarificação de acordo com reconsolidação e da resiliência do solo, ciclos de umedecimento e secagem, ou seja, propriedades do solo e as condições climáticas, pode ser intensificada ou retardada (DRESCHER et al, 2019). Neste sentindo, ressalta-se que neste trabalho as áreas de implementação do experimento foram diferentes de um ano agrícola para o outro, assim como as condições climáticas.

Ao se analisar a umidade do solo, identificouse que no ano em que houve os maiores valores de RP o solo encontrava-se na média geral com 13,06 % de umidade e ano agrícola 2019/20 com 14,5% umidade, visto que a RP sofre intensa variação com a mudança de água no solo, pois a mesma reduz o atrito entre as partículas (ASSIS et al, 2009; GIACOMELI et al, 2016).

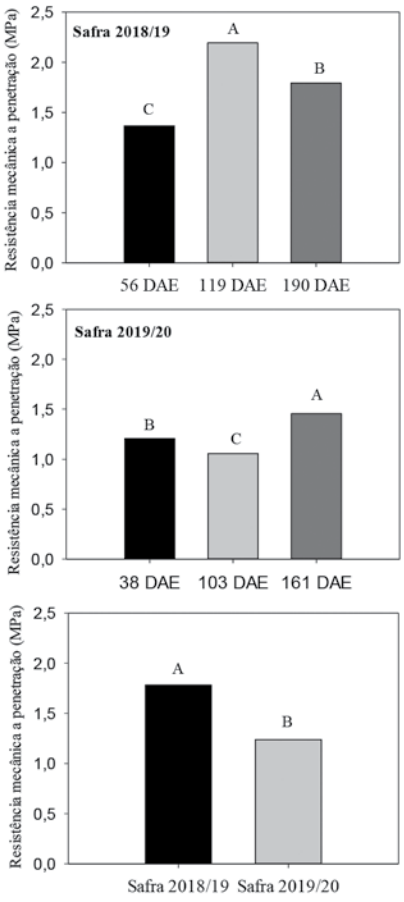



Figura 1 - Resistência mecânica a penetração (MPa), em diferentes anos agrícolas em função de diferentes dias após a escarificação (DAE).

Analisando o perfil do solo (tabela 1), em ambos anos agrícolas as diferenças de RP estão nos primeiros centímetros do solo, sendo menor em superfície e maior em profundidade. Os efeitos da escarificação ficaram evidentes, principalmente na safra 2018/19, até os 0,15 m nos diferentes DAE estudados. Na safra 2019/20 este efeito foi notado somente até os 38 DAE, após este período houve uma tendência em suavizar as diferenças entre os tratamentos até diminuir completamente.

As avaliações de RP foram realizadas até os 0,40 m de profundidade, entretanto o equipamento utilizado para a escarificação atua até aproximadamente 0,25 m. Com isso, fica evidente os efeitos benéficos da utilização deste equipamento, tendo em vista que os autores como Giacomeli et al (2016), ao escarificar sua área de estudo até aproximadamente 0,30 m, verificaram valores menores de RP em todo o perfil do solo até 0,20 m.

Ao avaliar a produtividade de grãos da soja (figura 2) na safra 2018/19 verificou-se um acréscimo de 408 kg $ha^{-1}$ na área escarificada e na safra 2019/20 não houve diferença entre os tratamentos. Ao comparar os anos agrícolas, houve uma diferença de 1.142 kg $ha^{-1}$ da safra 2018/19 para a safra 2019/20. Esse resultado está ligado a condição climática registrada na presente safra, em que a partir da metade de novembro de 2019 houve escassez de chuvas, caracterizando uma das maiores estiagens do estado do Rio Grande do Sul (CERA, 2020), mesmo havendo sido realizado cinco irrigações para garantir o potencial genético das plantas. Com isso, outros fatores foram limitantes ao potencial produtivo da soja, anulando o efeito benéfico da escarificação do solo. Por outro lado, Giacomeli et al (2015), ao estudar diferentes mecanismos de revolvimento do solo nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15 sobre a produtividade de milho, constatou que as maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos com maior mobilização do solo e se relacionam com a redução da RP.

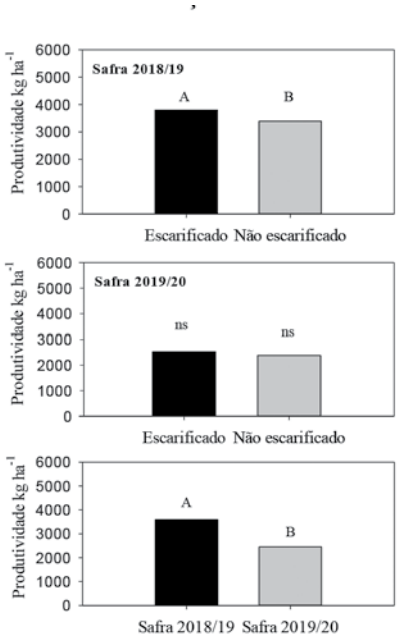



Figura 2 - Produtividade de grãos (kg $ha^{-1}$) em função da escarificação ou não escarificação em diferentes anos agrícolas (2018/19 e 2019/20).

## CONCLUSÕES

A duração das alterações na resistência mecânica a penetração após a escarificação podem durar de 100 a 190 dias dependendo do ano agrícola e propriedades do solo.

A escarificação reduz significativamente os valores de resistência mecânica à penetração na profundidade de trabalho do equipamento utilizado.

A produtividade pode ser influenciada ou não pela escarificação, principalmente quando não há restrições severas ao desenvolvimento da soja.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) pelo financiamento da pesquisa e concessão das bolsas de estágio do segundo e terceiro autor.

## REFERÊNCIAS

Álvarez CR, Duggan MT, Chamorro ER, D'ambrosio D, Taboada MA. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. Ciencia del Suelo. 2009;27:159-169.

Cera J. Relatório sobre a estiagem na safra 2019/2020. [Acessado em: 5 de set. 2020]. Disponível em: https://irga.rs.gov.br/relatorio-sobre-a-estiagem-dasafra-2019-2020.

Colet MJ, Sverzut CB, Neto PHW, Souza, ZM. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. R. Ciência Agrotécnica. 2009;33:361-368.

Drescher MS, Reinert DJ, Denardin JE, Gubiani PI, Faganello A, Drescher GL. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. R. Pesq. agropec. bras. 2016;51:159-168.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2013.

Giacomeli R, Marchesan E, Sartori GMS, Donato G, Silva PRF, Kaiser DR, Aramburu BB. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. R. Pesq. agropec. bras. 2016;51:261270.

Giacomeli, R. Sistemas de implantação de milho em Planossolos do Rio Grande do Sul [Dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2015.

Kluthcouski J, Aidar H, Stone LF, Cobucci, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Potafos: ENCARTE TÉCNICO, Potafos, IaBrasil, junho de 2004.

Reichert, JM, Kaiser DR, Reinert DJ, Riquelme,

UFB. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. Pesq. agropec. bras. 2009;44:310-319.

Taylor HM, Roberson GM, Parker, JJ. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. Soil Science, 1996;102:18-22.

Vedelago A, Carmona FC, Boeni M, Lange, CE, Anghinoni I. Fertilidade e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeira do Rio Grande do Sul. 1 ed. Cachoeirinha: IRGA/ Estação Experimental do Arroz; 2012. (Boletim técnico, 12)

**Tabela 1** - Resistência do solo à penetração mecânica (Mpa) nas camadas 0,00, 0,05, 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30, 0,35, 0,40 m nos diferentes dias após a escarificação (DAE) em função da escarificação ou não escarificação da área, em dois anos agrícolas (2018/19 e 2019/20).

| Profundidade (m) | Tratamentos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Escarificado | Não Escarificado | Escarificado | Não Escarificado | Escarificado | Não Escarificado |
| | ---------- Mpa ---------- | | | | | |
| | Safra 2018/19 | | | | | |
| | 56 DAE | | 119 DAE | | 190 DAE | |
| 0,0 | 0, 00 $^{ns}$d | 0,00 $^{ns}$c | 0,00 $^{ns}$e | 0,00 $^{ns}$c | 0,00 $^{ns}$e | 0,00 $^{ns}$c |
| 0,05 | 0,20 Bd[1] | 0,61 Ab | 1,07 Bd | 2,20 Ab | 0,49 $^{ns}$d | 0,85 $^{ns}$b |
| 0,10 | 0,66 Bc | 1,69 Aa | 2,52 Ba | 3,70 Aa | 1,11 Bc | 2,07 Aa |
| 0,15 | 1,24 Bb | 2,10 Aa | 2,84 $^{ns}$a | 3,36 $^{ns}$a | 1,52 Bb | 2,55 Aa |
| 0,20 | 1,78 $^{ns}$a | 1,92 $^{ns}$a | 3,35 $^{ns}$a | 3,34 $^{ns}$a | 2,59 $^{ns}$a | 2,35 $^{ns}$a |
| 0,25 | 0,21 $^{ns}$a | 1,79 $^{ns}$a | 2,78 $^{ns}$a | 2,78 $^{ns}$a | 2,84 $^{ns}$a | 2,35 $^{ns}$a |
| 0,30 | 0,20 $^{ns}$a | 1,80 $^{ns}$a | 2,24 $^{ns}$b | 2,25 $^{ns}$b | 2,91 Aa | 2,09 Ba |
| 0,35 | 1,66 $^{ns}$a | 1,54 $^{ns}$a | 1,97 $^{ns}$b | 1,98 $^{ns}$b | 2,63 $^{ns}$a | 2,04 $^{ns}$a |
| 0,40 | 1,42 $^{ns}$b | 1,41 $^{ns}$a | 1,46 $^{ns}$c | 1,62 $^{ns}$b | 1,87 $^{ns}$b | 1,98 $^{ns}$a |
| **Média** | **1,23 B** | **1,43 A** | **2,03 B** | **2,36 A** | **1,77 $^{ns}$** | **1,81 $^{ns}$** |
| Cv (%) | 9,6 | | 8,9 | | 10,7 | |
| | Safra 2019/20 | | | | | |
| | 38DAE | | 103DAE | | 161DAE | |
| 0,0 | 0,00 $^{ns}$e | 0,05 $^{ns}$c | 0,00 $^{ns}$c | 0,05 $^{ns}$d | 0,09 $^{ns}$c | 0,047$^{ns}$d |
| 0,05 | 0,33 Bd | 0,96 Ab | 0,18 $^{ns}$c | 0,32 $^{ns}$c | 0,20 $^{ns}$c | 0,44 $^{ns}$c |
| 0,10 | 0,59 Bc | 1,20 Ab | 0,62 $^{ns}$b | 0,80 $^{ns}$b | 0,89 $^{ns}$b | 1,29 $^{ns}$b |
| 0,15 | 0,98 Bb | 1,75 Aa | 1,18 $^{ns}$a | 1,20 $^{ns}$a | 1,47 $^{ns}$a | 1,80 $^{ns}$a |
| 0,20 | 1,66 $^{ns}$a | 1,66 $^{ns}$a | 1,49 $^{ns}$a | 1,51 $^{ns}$a | 1,87 $^{ns}$a | 2,38 $^{ns}$a |
| 0,25 | 1,73 $^{ns}$a | 1,55 $^{ns}$a | 1,57 $^{ns}$a | 1,36 $^{ns}$a | 1,79 $^{ns}$a | 2,40 $^{ns}$a |
| 0,30 | 1,62 $^{ns}$a | 1,51 $^{ns}$a | 1,51 $^{ns}$a | 1,45 $^{ns}$a | 1,58 $^{ns}$a | 2,18 $^{ns}$a |
| 0,35 | 1,59 $^{ns}$a | 1,51 $^{ns}$a | 1,38 $^{ns}$a | 1,48 $^{ns}$a | 1,65 $^{ns}$a | 2,29 $^{ns}$a |
| 0,40 | 1,53 $^{ns}$a | 1,59 $^{ns}$a | 1,35 $^{ns}$a | 1,49 $^{ns}$a | 1,75 $^{ns}$a | 2,14 $^{ns}$a |
| **Média** | **1,12 B** | **1,30 A** | **1,03 $^{ns}$** | **1,07 $^{ns}$** | **1,25B** | **1,66A** |
| Cv (%) | 9,5 | | 7,1 | | 11,2 | |

letras minúsculas comparam a profundidade e letras maiúsculas comparam os tratamentos em cada data pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probalidade. ns = não significativo

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Emissões de Metano de Cultivares de Arroz em Cultivo Irrigado por Inundação do Solo

Vitória Tavares Silva[1]; Giovana Tavares Silva[2]; Nathália Furtado Lucas[3]; Rogério Oliveira de Sousa[4]; Walkyria Bueno Scivittaro[5]

[1]Estudante, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n, Capão do Leão-RS, CEP 96160-000, vitoriatavaressilva@hotmail.com; [2]Doutoranda PPG MACSA, UFPel; [3]Estudante, UFPel; [4]Professor, FAEM/UFPel; [5]Pesquisadora, Embrapa Clima Temperado.

## INTRODUÇÃO

Diversos gases, como o nitrogênio ($N_2$), oxigênio ($O_2$), óxido nitroso ($N_2O$) e metano ($CH_4$), são encontrados na atmosfera terrestre (LE TREUT et al., 2007). Alguns desses, particularmente o $CH_4$ e o $N_2O$, são importantes gases de efeito estufa (GEE), apresentando, respectivamente, potencial de aquecimento global 32 e 298 vezes maior que o dióxido de carbono ($CO_2$), principal GEE (IPCC, 2014). O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial para a manutenção da vida na Terra, contribuindo para que a temperatura média do Planeta seja próxima de 15ºC (ZSCHORNACK, 2011). A ação antrópica tem contribuído, porém, para o aumento da concentração de GEE na atmosfera e, consequentemente, para o aquecimento global. Dentre as atividades que contribuem para o efeito estufa de origem antrópica, estima-se que a Agropecuária, em associação com o setor Mudança do Uso da Terra, respondam por aproximadamente um quarto do total. O cultivo de arroz irrigado por inundação do solo, por sua vez, é uma das principais atividades agrícolas geradoras de $CH_4$, sendo responsável por de 9 a 11% das emissões globais desse GEE (IPCC, 2014).

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando, anualmente, uma área aproximada de 163 milhões de hectares. Estima-se, para a safra 2020/21, a produção de cerca de 502 milhões de toneladas de grãos beneficiados (USDA, 2020).

O Brasil é o maior produtor de arroz fora do continente asiático. A produção nacional do cereal está concentrada na região Sul, onde predomina o cultivo em sistema irrigado por inundação do solo (ANA, 2020).

A irrigação do arroz por inundação proporciona condições anaeróbicas ao solo, devido à diminuição de $O_2$, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios facultativos e obrigatórios e, consequentemente, a produção de $CH_4$ (PONNAMPERUMA, 1972).

Estudos indicam que as cultivares de arroz tem potencial distinto de produção e emissão de $CH_4$, dado que apresentam características morfológicas fisiológicas diversas, que podem influenciar na produção e liberação desse GEE para a atmosfera (LIMA et al., 2013). Assim, uma forma de mitigar as emissões de $CH_4$ do cultivo de arroz consiste em identificar cultivares com menor potencial de emissão (SILVA, 2014).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de emissão de $CH_4$ de cultivares de arroz, sob duas populações de plantas, em cultivo irrigado por inundação contínua.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de campo, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município do Capão do Leão-RS, durante a safra de 2019/2020. O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico (STRECK et al., 2018).

Avaliaram-se três cultivares de arroz irrigado: híbrido XP 113 (subespécie índica); BRS Pampa CL (subespécie índica) e BRS 358 (subespécie japônica), em duas populações (150 e 300 plantas $m^{-2}$). A menor densidade de plantas (150 plantas $m^{-2}$) é normalmente utilizada para cultivares híbridas, enquanto que para as cultivares convencionais, utiliza-se a maior população de plantas (REUNIÃO..., 2018). Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repetições.

Utilizou-se o sistema de semeadura em solo seco, procedendo-se a irrigação do arroz por inundação contínua no período compreendido entre os estádios de três folhas (V3) e a maturação de colheita (R9).

Para a avaliação de emissões de $CH_4$, utilizou-se o método da câmara estática fechada (MOSIER, 1989). As amostras de ar para avaliação das emissões de $CH_4$ foram coletadas uma vez por semana com o auxílio de seringas com capacidade para 20 mL, equipadas com válvulas do tipo *Luer Look*, nos tempos 0; 5; 10; e 20 minutos após o fechamento das câmaras. As coletas de amostras foram realizadas sempre no período da manhã, entre 9:00 h e 11:00 h, horário que melhor representa as emissões diárias de GEE na região Sul do Brasil (COSTA et al., 2008).

Após as coletas, as amostras de ar foram transferidas para frascos previamente evacuados, dispondo de tampa de borracha que impede a dispersão da amostra para o ambiente para posterior análise, por cromatográfica gasosa.

Os fluxos diários de $CH_4$ foram calculados por pela relação linear entre a variação de concentração desse gás e o tempo de coleta. Por sua vez, a emissão acumulada de $CH_4$ (sazonal) foi obtida através da integração da área sob a curva adquirida pela interpolação dos valores diários de emissão de $CH_4$.

Os dados de fluxos de $CH_4$ foram avaliados por estatística descritiva (média + desvio padrão). Já as emissões sazonais de $CH_4$ foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Quando significativa, compararam-se as médias dos fatores cultivar e população de plantas pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões de $CH_4$ das cultivares de arroz foram baixas no período que antecedeu o início da irrigação, dado que o solo se encontrava oxidado. Porém, aumentaram alguns dias após o início irrigação. Para ambas as populações de plantas, o comportamento dos fluxos de $CH_4$ foi aproximadamente semelhante para as três cultivares de arroz irrigado (**Figura 1**).

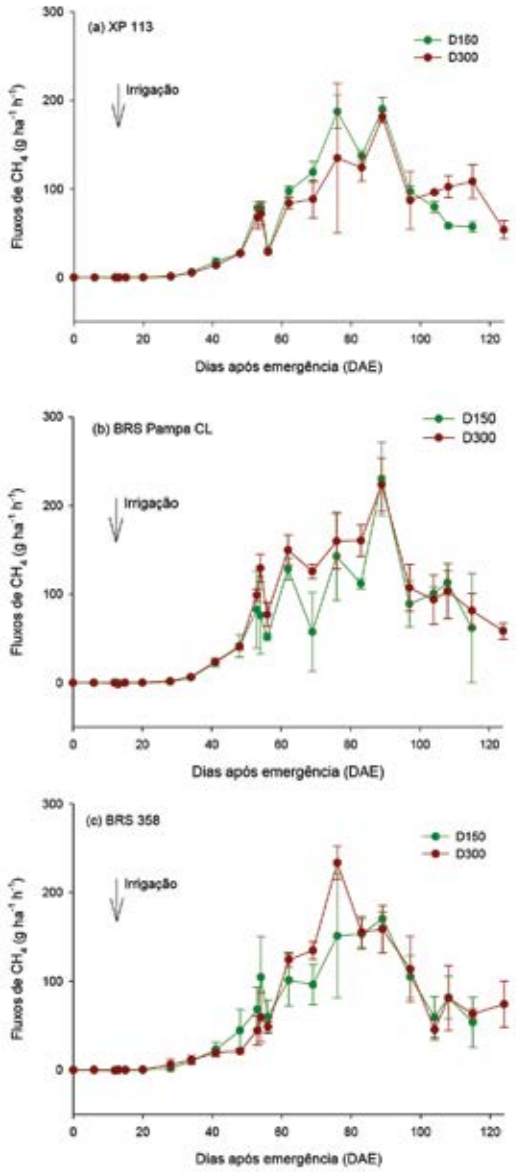



Figura 1. Fluxos de $CH_4$ das cultivares de arroz XP 113 (a), BRS Pampa CL (b) e BRS 358 (c), nas populações de 150 (D150) e 300 plantas $m^{-2}$ (D300), em cultivo irrigado por inundação do solo. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

O pico de emissão de $CH_4$ das cultivares de arroz ocorreu próximo ao início da fase de floração, o que se explica em razão da elevada exsudação radicular e maior volume de aerênquima nas plantas de arroz, favorecendo o transporte de gases (SILVA et al., 2008). Posteriormente, houve o decréscimo das emissões de $CH_4$ até o final do ciclo da cultura (Figura 1). Islam et al. (2018), ao compararem o potencial de emissão de $CH_4$ de cultivares de arroz, verificaram que esse foi maior nas fases de perfilhamento pleno e floração.

A magnitude das emissões de $CH_4$ variou entre as cultivares de arroz, sendo os picos máximos alcançados pelas cultivares BRS Pampa CL e BRS 358 superiores ao do hibrido XP 113 (Figura 1).

Não se determinou efeito da interação entre os fatores cultivar e população de plantas sobre as emissões sazonais de $CH_4$. Porém houve efeito de ambos os fatores de forma isolada. A cultivar BRS Pampa CL proporcionou maior emissão de $CH_4$

(139,4 kg $ha^{-1}$) que o híbrido XP 113 (104,8 kg $ha^{-1}$), enquanto que o desempenho da cutivar BRS 358 foi intermediário (136,4 kg $ha^{-1}$), não diferindo de nenhuma das anteriores (Tabela 1). Ma et al. (2010), quando avaliaram o potencial de emissão de $CH_4$ de cultivares convencionais e híbrida, constataram maior emissão de $CH_4$ de cultivares convencionais, relativamente às híbridas.

Tabela 1. Emissões sazonais de $CH_4$ de cultivares de arroz em cultivo irrigado por inundação do solo.

| Cultivar | $CH_4$ |
|---|---|
| | kg $ha^{-1}$ |
| XP 113 | 104,8 b |
| BRS Pampa CL | 139,4 a |
| BRS 358 | 136,4 ab |
| CV (%) | 25,2 |

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Ao se compararem as populações de plantas (Tabela 2), verifica-se que a população de 150 plantas $m^{-2}$ proporcionou menor emissão sazonal de $CH_4$ (112,2 kg $ha^{-1}$) que a população de 300 plantas $m^{-2}$ (141,6 kg $ha^{-1}$). A população

de plantas influencia a quantidade de raízes e de perfilhos e, consequentemente, de aerênquima, por onde o $CH_4$ produzido é transportado para a atmosfera (AGOSTINETTO et al., 2002). Caracteres morfológicos das plantas de arroz podem afetar sua capacidade de transporte de $CH_4$ (AULAKH et al., 2000).

Tabela 2. Emissões sazonais de $CH_4$ de cultivares de arroz em cultivo irrigado por inundação do solo, em função da população de planta.

| População de plantas | $CH_4$ |
|---|---|
| | kg $ha^{-1}$ |
| 150 plantas $m^{-2}$ | 112,2 b |
| 300 plantas $m^{-2}$ | 141,6 a |
| CV (%) | 25,2 |

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

## CONCLUSÕES

As cultivares de arroz irrigado apresentam potencial de emissão de $CH_4$ distinto, decrescendo na seguinte ordem: BRS Pampa CL > BRS 358 > XP 113.

Independentemente da cultivar de arroz, as emissões sazonais de $CH_4$ aumentam proporcionalmente à população de plantas.

**AGRADECIMENTOS**: À Embrapa Clima Temperado, pela cedência da área experimental e financiamento da pesquisa, à Universidade Federal de Pelotas e ao Departamento de Solos e à FAPERGS, pela concessão da bolsa PIBIC ao primeiro autor, e ao CNPq, pela concessão de bolsa PIBIC ao terceiro autor.

## REFERÊNCIAS

Agostinetto, D.; Fleck, NG.; Rizzardi, MA.; Balbinot Júnior, AA. Potencial de emissão de metano em lavouras de arroz irrigado. Ciência Rural, v. 32, n. 6, p. 1073–1081, 2002.

Aulakh, M.S., Wassmann, R., Rennenberg, H., Fink, S. Pattern and amount of aerenchyma relate to variable methanetransport capacity of different rice cultivars. Plant Biology Stuttgart, v.2, n.2, p.182-194, 2000b.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Mapeamento do arroz irrigado no Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Brasília, 2020. [Acessado em: 3 de setembro de 2020]. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/o utras-publicacoes>

Costa, FDS.; Bayer, C.; Lima, MA.; Frighetto, RTS.; Macedo, VRM.; Marcolin, E. Variação diária da emissão de metano em solo cultivado com arroz irrigado no Sul do Brasil. Ciencia Rural, v. 38, n. 7, p. 2049– 2053, 2008.

IPCC – Intergovernmental PaneL on Climate Change -. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. [Acessado em: 3 de setembro de 2020]. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg3/ip cc_wg3_ar5_chapter11.pdf>

Islam, MR.; Siddique, IA.; Ali, MH.; Islam, MR.; Mahmud, AA. Rice genotypic variation in methane emission patterns under irrigated culture. Fundamental and Applied Agriculture, v. 4, n. 1, p. 1, 2018.

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., Prather, M. 2007. Historical overview of climate change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, KB., Tignor, M., Miller, HL. (Eds.). Climate Change 2007: The physical science basis: Contribution of working group I to the 4th assessment report of the International Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. cap. 1, p. 93-127.

Lima, MA.; Pesoa, MCPY.; Vilella, OV. Emissão de metano em cultivo de arroz irrigado por inundação. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p.93-140.

Ma, KE.; Qiu, Q.; Lu, Y. Microbial mechanism for rice variety control on methane emission from rice field soil. Global Change Biology, v. 16, n. 11, p. 3085–3095, 2010.

Mosier, AR. Chamber and isotope techniques. In: Andreae, MO. & Schimel, DS. (Eds). Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop. Berlin, Wiley, p. 175-187, 1989.

Ponnamperuma, FN. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, v.24, p. 58-65, 1972.

Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 32., Farroupilha-RS. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018, 205 p.

Silva, JT. Emissões de metano e de óxido nitroso em área de arroz irrigado influenciadas por sistemas de preparo do solo. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Silva, LS.; Sousa, RO.; Pocojeski, E. Dinâmica da Matéria Orgânica em Ambientes Alagados. In: Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 525-541.

Streck, EV. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 3 ed. revista e ampliada. Porto Alegre: EMATER/RSASCAR. p. 251. 2018.

USDA – United States Department of Agriculture. Production, Supply and Distribution. [Acessado em: 3 de setembro de 2020]. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html.

Zschornack, T. Emissões de metano e de óxido nitroso em sistemas de produção de arroz irrigado no sul do Brasil e potencial de mitigação por práticas de manejo. 2011. 87f. Tese (Doutodaro) – Programa de PósGraduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estimativa de tolerância de perdas de solos localizados na porção leste do escudo sul rio-grandense

Lisiane de Sousa Lemos [1]; Edvania Aparecida Corrêa [2]

[1] Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pelotas, R. Alberto Rosa, 154 - Porto, Pelotas - RS, 96010-610, liselemos@hotmail.com; [2] Professora do departamento de Geografia, Universidade Federal de Pelotas.

## INTRODUÇÃO

Os limites de tolerância não impõem restrições arbitrárias ao uso e manejo do solo, mas simplesmente estabelecem limites dentro dos quais as escolhas das técnicas adotadas devem ser feitas (BERTONI; LOMBARDI, 1985; BERTONI et al. 1975). A tolerância de perdas é a taxa tolerável de perdas de solo a qual permita elevada produtividade de culturas e manutenção das condições naturais do solo (WISCHMEIER e SMITH, 1978; JOHNSON, 1987; LI et al., 2009). A tolerância de perda de solo é o volume de terra tolerável a ser perdida por erosão, representada em toneladas por ano, mantendo o solo com alto nível de produção por um tempo longo refletindo o máximo de perda de solo por ano que se pode permitir com um grau de conservação que possa que manter uma produção econômica. OKA-FIORI et. Al; (2004).

A tolerância de perdas de solo é a quantidade máxima de solo que pode ser removida pela erosão hídrica, sem afetar os níveis de fertilidade e produtividade, por um longo período de tempo (WISCHMEIER e SMITH, 1965; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010).

Com objetivo de determinar a tolerância de perda de solo por erosão hídrica para 34 perfis de solo localizados na porção leste do Escudo Sul RioGrandense, foram aplicados três métodos, utilizando a profundidade efetiva do solo, a relação textural entre os horizontes B e A e o teor de matéria orgânica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no alto curso do Arroio Quilombo, localizado nos municípios de Pelotas e Canguçu/RS/Brasil. Predominam na área de estudo

Argissolos e Neossolos, em relevo predominantemente ondulado e uso com culturas temporárias. Foram realizadas descrições morfológicas (SANTOS et al., 2015) de 34 perfis de solos e coletadas amostras deformadas. Foi realizada análise granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), e obtido o valor de matéria orgânica. Foram aplicados três métodos, utilizando a profundidade efetiva do solo, a relação textural entre os horizontes B e A e o teor de matéria orgânica.

Os cálculos para as tolerâncias de perdas de solos foram: método I (LOMBARDI NETO e BER-

TONI, 1975); Método II semelhante ao Método I modificado por Bertol e Almeida (2000), Método III proposto por Galindo e Margolis (1989), e modificado por Bertol e Almeida (2000). Todos esses métodos foram elaborados para condições brasileiras.

O método I foi calculado através da expressão ($T = h\ r\ 1.000 - 1$) no qual T = tolerância de perda de solo (mm ano$^{-1}$); h = profundidade efetiva do solo (mm), limitada a 1.000 mm; r = quociente que expressa o efeito da relação textural entre os horizontes B e A na ponderação das perdas de solo (g kg$^{-1}$) (g kg$^{-1}$) $^{-1}$, e 1000 = constante que expressa o período de tempo necessário para desgastar uma camada de solo de 1.000 mm de espessura (Lombardi Neto e Bertoni, 1975). A expressão utilizada para calcular o método II foi ($T = h\ r\ a\ 1000^{-1}$) no qual T, h, 1.000 = mesma definição expressa no método I e $r_a$ = relação que expressa, conjuntamente, o efeito da relação textural entre os horizontes B e A e do teor de argila do horizonte A. Método III foi calculado através da expressão ($T = h\ r\ a\ m\ p\ 1000^{-1}$) na qual T, h, $r_a$, 1000 = mesma definição expressa no método II; m = fator que expressa o efeito da matéria orgânica na camada de 0 – 20 cm do solo e p = fator que expressa o efeito de permeabilidade do solo. Adaptado por BERTOL e ALMEIDA (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 34 perfis de solos, sendo esses solos classificados como: Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Argissolos Bruno Acinzentados. O Neossolo Litólico foi encontrado em 12 perfis com classe textural predominante franco arenosa e com uso predominante do solo com plantio de fumo e cobertura campestre. Já os Neossolos Regolíticos foram encontrados em 18 perfis com classe textural predominante franco arenosa, com uso e cobertura campestre. O Argissolo Bruno Acinzentado encontrados em 4 perfis com classe textural predominante franco argilo arenosa com uso e cobertura campestre.

Conforme apresentado na tabela 1, o método III é aquele que apresenta os menores valores de tolerância de perdas de solo e por isso são resultados mais conservacionistas, e assim poderiam ser adotados como referência. O método III utiliza o efeito da matéria orgânica na camada superficial dos solos e o efeito da permeabilidade, nesse sentido os solos da área de estudo são no geral pobres em matéria orgânica e com elevada permeabilidade devido à grande presença de areia e cascalho.

Os neossolos litólicos apresentam menores valores de tolerâncias de perdas, isso considerando os três métodos. Os valores variam de 0,26 mm ano$^{-1}$ a 0,45 mm ano$^{-1}$ em relação ao método III, sendo estes associados a baixa profundidade e pouca matéria orgânica. Estes solos foram observados em áreas com relevo ondulado, e que mesmo assim estão sendo utilizados na maioria com cultura temporária exigindo periódico revolvimento do solo.

| | Textura | Método I | Método II | Método III |
|---|---|---|---|---|
| | | | mm ano$^{1}$ | |
| Neossolo Litólico Distrófico | Franco arenosa a Franco Argilosa | 0,60 | 0,58 | 0,35 |
| Neossolo Regolítico Distrófico | Franco arenosa a Franco Argilosa | 0,79 | 0,63 | 0,48 |
| Argissolo Bruno Acinzentado Distrófico | Franco arenosa a Franco Argilosa Arenosa | 0,75 | 0,83 | 0,62 |

Fonte: Lemos, 2020.

Já nos neossolos regolíticos, as taxas de tolerância de perdas em relação ao método III, variam de 0,29 mm a 0,43 mm ano$^{-1}$, sendo observado nestas solos profundidades efetivas variando de 200 a 1000 mm. Os solos classificados como neossolos regolíticos possuem uma varia-

bilidade muito grande de matéria orgânica e em geral possuem alta permeabilidade devido as características granulométricas. São solos que ocorrem em vários compartimentos das vertentes e são intensamente utilizados no plantio de cultura temporária (fumo, milho) e anual (pêssego). No entanto os menores valores de tolerância verificados nos neossolos regolíticos estão associados a usos com maior proteção do solo como a silvicultura.

Os argissolos possuem valores de tolerâncias variando de 0,61 mm ano$^{-1}$ a 0,76 mm ano$^{-1}$ em relação ao método III, sendo a média de 0,62 mm ano$^{-1}$. Os valores são superiores ao de outras unidades de solos da área de estudo devido a maior profundidade efetiva e maior quantidade de matéria orgânica. Os usos nestes solos estão associados a atividade de silvicultura e campestre.

Foi observado que os neossolos litólicos e Neossolos Regolíticos, os quais são pouco estruturados, a tolerância de perdas de solo foi na média de 3,5 ton.ha.ano. Na modelagem usando a Equação Universal de Perdas de Solo elaborada por Prestes (2018), para o cenário de 2016, foram encontrados valores de perdas predominantes superiores a 20 ton.ha.ano ocorrentes principalmente em culturas temporárias. Neste sentido esse presente trabalho mostra que alguns solos apresentam um limite muito baixo de tolerância, mas o uso está sendo feito de forma superior ao limite de tolerância de perda desses solos. Tal condição propicia o surgimento de feições erosivas e processos intensos de degradação dos solos (Figura 1).



Fonte: Lemos, 2019.

## CONCLUSÕES

O método III foi o mais conservacionista em termos de valores de tolerância de perdas. Os valores de tolerância de perdas demostram que, apesar da fragilidade natural dos solos, verifica-se o uso inadequado das terras na porção leste do escudo sul-rio-grandense. Nesse sentido é recomendado a realização de um planejamento adequado em termos de uso da terra para área de estudo bem como a realização de demais estudos visando avaliar os impactos do uso atual nas condições físicas e químicas dos solos.

**AGRADECIMENTOS**: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro (Edital ARD 01/2017).

## REFERÊNCIAS

BERTOL, I. ALMEIDA, J. A. TOLERÂNCIA DE PERDA DE SOLO POR EROSÃO PARA OS PRINCIPAIS SOLOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 24, p.657-668, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 eds. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

GALINDO, I.C.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de ciência do solo, n.13, p. 95-100, 1989.

JOHNSON L. C. Soil loss tolerance: fact or myth. Journal of Soil and Water Conservation, n. 42, v.3, p. 155-160, 1087.

LI, L.; DU, S.; WU, L.; LIU, G. An overview of soil loss tolerance Catena, v.78, n.2 p.93-99, 2009.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).

OKA-FIORI, Chisato; FIORI, Alberto Pio; HASUI, Yociteru. Tolerância de perdas de solo na bacia do Rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. Boletim Paranaense de Geociências, v. 54, 2004.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Editora: SBCS, p. 102, 2015.

WISCHMEIER, W. H., SMITH D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning, USDA, Agric. Handbooks, vol. 537, v. 1978.

WRB. World reference base for soil resources. World Soil Resources Repots, n.106, FAO, Rome, 2015.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estoque de Carbono e Nitrogênio em Solos sob Diferentes Manejos com Plantas de Cobertura

Luis Fernando Knoth[1]; Marcos Guilherme Hollas[2]; Jucinei José Comin[3]; Monique Souza[4]; Cledimar Rogério Lourenzi[5]

[1] Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rodovia Admar Gonzaga, 1346, CEP: 88034-000, Bairro Itacorubi, Florianópolis-SC, E-mail: luisfernandoknoth@gmail.com; [2] Estudante de Agronomia, UFSC; [3] Professor Titular, UFSC ;[4] Pós-Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, UFSC; [5] Professor, UFSC.

## INTRODUÇÃO

A emissão de gases do efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono ($CO_2$) e o óxido nitroso ($N_2O$), tem aumentado consideravelmente desde a revolução industrial (CARVALHO et al., 2010). A partir de 1750, aproximadamente 35 % das emissões antrópicas de $CO_2$ estão diretamente ligadas às mudanças do uso da terra (FOLEY et al., 2005). A dinâmica do C e do N apresentam estreita relação no solo (JÚNIOR 2017). Porém, o N é o nutriente que mais dispensa estudos pelos pesquisadores, em várias áreas do conhecimento, dada a sua importância e a alta mobilidade no solo (BREDEMEIER &MUNDSTOCK, 2000).

Práticas agrícolas, como o sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH), podem favorecer a fixação de grandes quantidades de C e N nos ecossistemas agrícolas, ajudando assim a reduzir a presença desses elementos na atmosfera, reduzindo o efeito estufa e o aquecimento global. A iniciativa 4/1000 tem como objetivo aumentar os teores de matéria orgânica e promover o sequestro de carbono nos solos, em taxas anuais equivalentes a 4%, através de práticas agrícolas adaptadas às condições locais, ambientais.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes sistemas de manejo de solos em aumentar os estoques de C e N no solo com propósito de atender a iniciativa 4/100 em para o C.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2009 na estação experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Ituporanga (SC) (Latitude 27º 24' 52" S, Longitude 49º 36' 9" W e altitude de 475 m), em um Cambissolo Húmico (SANTOS et al., 2013). O clima da região é subtropical mesotérmico úmido (Cfa) conforme classificação de Köeppen, com temperatura e precipitação média anual de 17,6 ºC e 1.400 mm, respectivamente.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, e os tratamentos constituem-se do uso de diferentes plantas de cobertura de inverno, solteiras e consorciadas, em cultivo de cebola sob sistema plantio direto de hortaliças (SPDH). Foram utilizados os seguintes tratamentos: vegetação espontânea (VE); aveia preta (AV); centeio (CE); nabo forrageiro (NB); consórcio de nabo forrageiro +

centeio (NB+CE); consórcio de nabo forrageiro + aveia preta (NB+AV). Após a colheita da cebola e antes da implantação das plantas de cobertura de inverno, foi cultivada a mucuna preta (*Mucuna aterrima*) em toda a área experimental. Também foi avaliada uma área manejada sob sistema de preparo convencional (SPC) e uma área de mata, utilizada como referência, ambas adjacentes ao experimento.

Em janeiro de 2019, foram coletadas amostras de solo, deformadas e indeformadas, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-30 cm de profundidade.

Para isso foram abertas trincheiras de 40 x 40 x 40 cm em cada parcela e foram coletadas amostras de solo com auxílio de uma pá de corte, faca, régua e embalagens plásticas. As amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Manejo e Classificação de Solos da Universidade Federal de Santa Catarina. As amostras deformadas foram secas em estufa de circulação de ar forçado a 45ºC, moídas e passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de anéis de Kopecky com volume de 50 $cm^3$ (EMBRAPA, 2011), submetidas ao processo de secagem à 105ºC, em estufa de ventilação forçada, e determinou-se a densidade do solo (Ds).

Os estoques de C (EstC) e N (EstN) do solo foram realizados a partir dos teores de C orgânico total (COT) e N total (NT), determinados na TFSA, juntamente com a Ds, para cada camada amostrada, utilizando-se a metodologia de Canellas et al. (2007):

$$Est\ C/N = [C/N] \times L \times Ds \times 10$$

Onde: Est C/N: estoque de C/N em determinada profundidade (Mg $ha^{-1}$); [C/N]: COT ou NT da amostra (g $kg^{-1}$); L: espessura da camada avaliada (m); Ds: densidade do solo (Mg $m^{-3}$);

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Barttlet, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, foram comparados entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores estoques de C foram observados no tratamento NB+CE, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, mas não atingindo aqueles observados na área de mata, utilizada como referência às condições naturais do solo em estudo (Figura 1a, 1b). Na camada 10-30 cm, os maiores estoques de C foram observados nos tratamentos AV, CE, NB+CE e SPC, quando comparados aos demais tratamentos, mas sendo inferiores aos observados na mata (Figura 1c).

Para os estoques de N, o comportamento foi semelhante ao observado para o C, no entanto, na camada de 0-5 cm, os tratamentos NB+CE, NB+AV e VE apresentaram estoques semelhantes aos observados no solo da área de mata (Figura 2a).

Para a camada de 5-10 cm os tratamentos NB e NB+CE apresentaram maiores estoques de N, quando comparados aos demais tratamentos, mas inferiores aos observados na mata, como também ocorreu na camada de 10-30 cm, quando os tratamentos AV, NB+CE e SPC foram superiores os demais e inferiores a mata (Figuras 2b, 2c).

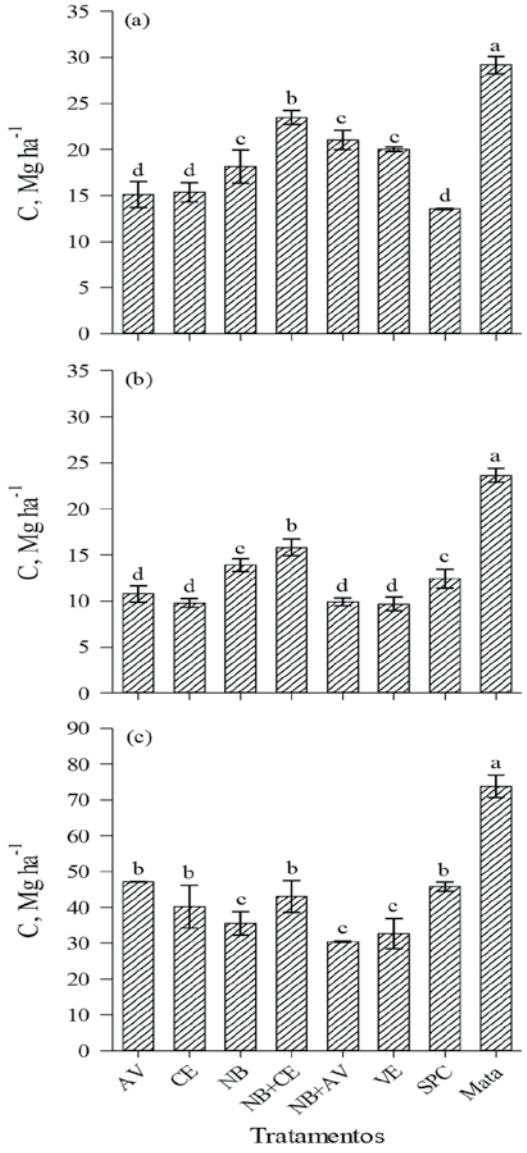



**Figura 1.** Estoques de carbono nas camadas de 0- 5 (a), 5-10 (b) e 10-30 (c) cm em experimento conduzido com uso de diferentes plantas de cobertura e sistemas de manejo em Ituporanga (SC). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. As barras representam o erro padrão da média.

Considerando toda a camada avaliada (030 cm), os maiores estoques de C foram observados na área de mata, seguido dos tratamentos NB+CE, AV e SPC (Tabela 1). É importante destacar que os resultados do SPC são devidos, principalmente, ao cultivo de milheto como planta de cobertura no verão, que adiciona quantidades significativas de C ao solo. No entanto, Loss et al. (2015) avaliaram os índices de agregação do solo no mesmo experimento, comparando com a mesma área sob SPC, e observaram que os índices de agregação foram superiores nos tratamentos do experimento conduzido sob SPDH, quando comparados ao SPC. Dessa forma, o C estocado nos tratamentos sob SPDH está protegido nos agregados, enquanto que no SPC pode haver maior "volatilidade" do C adicionado ao solo.

Após os dez anos de condução do experimento, apenas o tratamento NB+CE apresentou incrementos anuais no estoque de C acima do que é preconizado pela iniciativa 4/1000. Quando comparados os tratamentos sob SPDH com o SPC. No entanto, quando comparadas as diferentes plantas de cobertura com a VE, manejadas sob SPDH, apenas o consórcio NB+AV não foi eficiente em aumentar as taxas anuais de C em valores superiores a 4%, sendo o consórcio NB+CE o tratamento mais eficiente nesse aspecto (Tabela 1).

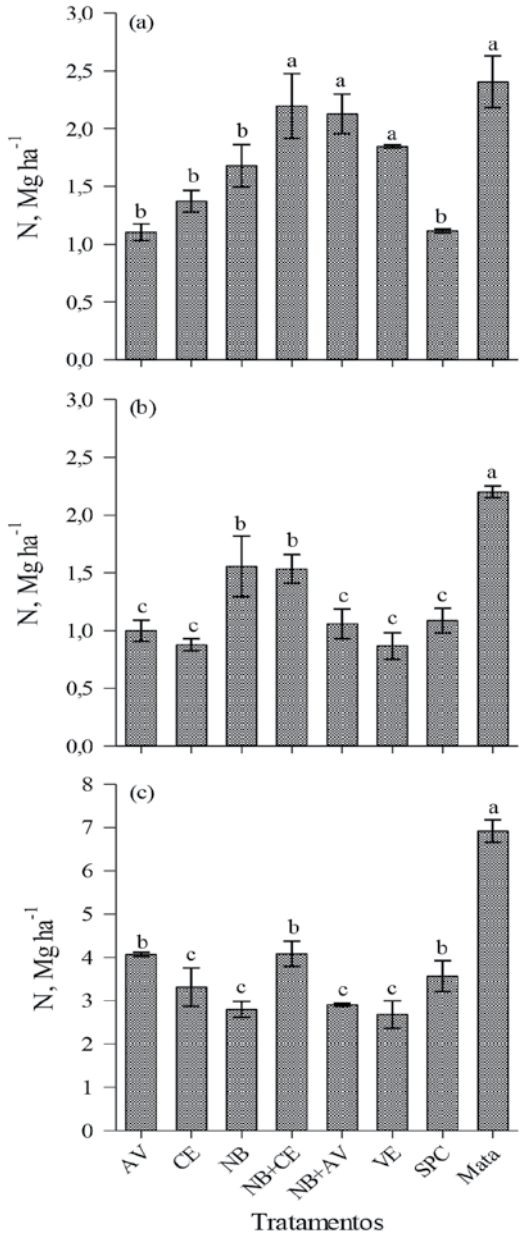



Figura 2. Estoques de nitrogênio nas camadas 0-5 (a), 5-10 (b) e 10-30 (c) cm em experimento conduzido com uso de diferentes plantas de cobertura e sistemas de manejo em Ituporanga (SC). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. As barras representam o erro padrão da média.

## CONCLUSÕES

O uso correto de práticas agrícolas em relação ao solo aumenta o estoque de C no solo fazendo com que isso atue como agente redutor de emissão dos gases do efeito estufa.

Revolver minimamente o solo, rotacionando culturas, principalmente aquelas capazes de acumular nutrientes no solo deve ser adotado para este tipo de manejo.

Ainda sobre as plantas de cobertura, vale ressaltar que manter o solo coberto e protegido refletem no aumento de estoques de C e N e favorecem a ciclagem de nutrientes no solo.

## REFERÊNCIAS

BREDEMEIER, C. MUNDSTOCK, C. C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CANELLAS, L.P.; BALDOTTO, M.A.; BUSATO, J.G.; MARCIANO, C.R.; MENEZES, S.C.; SILVA, N.M.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X.; SIMÕES, M.L.; MARTIN-NETO, L. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p.331-340, 2007.

CARVALHO, João Luis Nunes *et al.* POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO EM DIFERENTES BIOMAS DO BRASIL. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 277-289, jan. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA

AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. revisada. Rio de Janeiro, 2011. 230p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 132).

FOLEY, J.A.; DEFRIES, R.; ASNER, G.P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R.; CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI,

J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, I.C.; RAMANKUTTY, N. & SNYDER, P.K. Global consequences of land use. Science, 309:570 – 574, 2005

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.39, p.1212-1224, 2015.

MÜLLER JÚNIOR, Vilmar. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO AGROECOLÓGICO DE CEBOLA E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de PósGraduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

**Tabela 1.** Estoque de carbono (Est. C) na camada de 0-30 cm em experimento conduzido por dez anos em Ituporanga (SC) com uso de diferentes plantas de cobertura e sistemas de manejo.

| Tratamento | Est. C[2] | Var. C[3] | Média anual[4] |
|---|---|---|---|
| | Mg ha$^{-1}$ | % | ‰ |
| SPC | 71,8 b[1] | (15,1) | (15,1) |
| AV | 73,0 b | 1,8 (17,2) | 1,8 (17,2) |
| CE | 65,3 c | -9,0 (4,8) | -9,0 (4,8) |
| NB | 67,6 c | -5,8 (8,4) | -5,8 (8,4) |
| NB+CE | 82,3 b | 14,8 (32,1) | 14,8 (32,1) |
| NB+AV | 61,4 c | -14,5 (-1,5) | -14,5 (-1,5) |
| VE | 62,3 c | -13,2 % | -13,2 |
| Mata | 126,6 a | | |

[1]Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro; [2]Representa os estoques de C na camada de 0-30 cm; [3]Representa a variação nos estoques de C ao longo dos dez anos de condução do experimento em relação ao tratamento SPC e VE (entre parênteses); [4]Representa a variação média anual dos estoques de C ao longo dos dez anos de condução do experimento em relação ao tratamento SPC e VE (entre parênteses).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estoque de Carbono Orgânico e Nitrogênio Total em Solos Hidromórficos sob Sistema de Produção de Arroz de Base Ecológica

Marthin Zang [1]; Paulo César do Nascimento [2]

[1] Doutorando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Progresso, 2565, Viamão-RS, CEP: 94760-000. E-mail: marthin.zang@gmail.com; [2] Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

## INTRODUÇÃO

Solos hidromórficos constituem pedoambientes sujeitos a variações intensas em função da natureza do material de origem, dos diferentes graus de hidromorfismo, bem como das mudanças provocadas pelos diferentes usos e manejos (Neto, 2010). A análise destas condições e efeitos configura-se uma ação fundamental para avaliar o sistema de produção, bem como os usos dos diferentes solos.

Nesse sentido, a avaliação da qualidade do solo (QS) possibilita o monitoramento do desempenho do sistema solo (Larson & Pierce, 1994), estabelecendo-se como uma ferramenta para uma análise da sustentabilidade do sistema agrícola adotado, a partir da observação das mudanças que ocorrem no solo ao longo do tempo (Doran & Parkin, 1994). Com base na percepção do tempo se estabelece a relação entre a sustentabilidade agrícola e a QS (Vezzani & Mielniczuk, 2009), sendo esta última definida como a capacidade do solo desempenhar suas funções no momento atual e a preservação dessas funções para uso futuro (USDA-NRCS, 2008), dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado (Karlen et al., 1997).

Estabeleceu-se a hipótese que a qualidade dos solos hidromórficos é afetada, em razão do tipo de solo, quando submetidos a sistemas de produção de arroz irrigado de base ecológica, fundamentalmente sobre os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total. Para testar essa hipótese o trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade física e química em três ordens de solos hidromórficos sob arroz ecológico ao longo do tempo, contribuindo assim para a construção do conhecimento agroecológico e consolidação de sistemas de produção de base ecológica nesses ambientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se refere ao maior assentamento da reforma agrária do Rio Grande do Sul, cujo território constitui a mais expressiva área contínua de produção de base ecológica da América Latina (Guasseli & Medeiros, 2015).

Localiza-se no município de Viamão/RS, na região metropolitana de Porto Alegre. Segun-

do a classificação de Köeppen, o clima regional é Cfa.

Nas áreas de várzea do Assentamento Filhos de Sepé (AFS) são encontradas três ordens de solos: Planossolo Háplico distrófico; Gleissolo Melânico Ta eutrófico e Organossolo Háplico hêmico, cultivados com arroz irrigado com diferentes frequências, alternadas ou contínuas ao longo do tempo. A partir da safra 2008/09 toda a produção de arroz passou a ser cultivada de forma ecológica.

Determinou-se a frequência acumulada de uso dos solos sob o cultivo de arroz a partir do levantamento dos dados de 11 anos, entre as safras 2008/09 e 2018/19. Selecionaram-se áreas nas três ordens de solos, cujos tratamentos referem-se às diferentes frequências acumuladas de uso: a) zero – área sob vegetação natural, utilizada como referência, sem histórico de cultivo nos últimos 11 anos; b) 1 a 4 anos – frequência baixa; c) 5 a 8 anos – frequência média e d) 9 a 11 anos – frequência alta; constituindo-se desta forma, quatro tratamentos, com quatro repetições, determinadas ao acaso.

Nos tratamentos com diferentes frequências acumuladas de cultivo de arroz irrigado, o solo foi preparado prévio à instalação da cultura do arroz, cujas operações foram realizadas, em sua maioria, na presença de uma lâmina de água.

Selecionaram-se três unidades amostrais – pseudo-repetições - em pontos representativos dentro de cada parcela amostral para a abertura de trincheiras de 40 x 40 x 40 cm, onde se coletaram as amostras deformadas nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, de acordo com Santos et al. (2015) e para a determinação do COT e NT nas camadas de 0-10 ; 10-20 e 20-40 cm.

Outro conjunto de amostras indeformadas foi coletado em anéis de volume conhecido (Embrapa, 2017), no topo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo.

Avaliaram-se os atributos pH ($H_2O$); índice SMP; argila; teores trocáveis (KCl 1,0 mol $L^{-1}$) de $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$; acidez potencial ($H^+$ e $Al^{3+}$) estimada pelo índice SMP; teores de $K^+$ e P disponíveis (Mehlich-1). Ademais, analisaram-se os teores de $Na^+$ extraído por Mehlich-1 e S extraído por fosfato de Ca 500 mg P $L^{-1}$; teores dos micro elementos Zn e Cu disponíveis, extraídos em solução Mehlich-1; Mn extraído por KCl 1,0 mol $L^{-1}$; Fe extraído por oxalato de amônio 0,2 mol $L^{-1}$ a pH 6,0 e B disponível, extraído em água quente, de acordo com Tedesco et al. (1995).

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram determinados em amostras de solo finamente moídas (< 0,02 mm) e analisadas em analisador elementar Thermo Fisher Scientific, modelo FLASH 2000.

Os estoques de COT e NT foram calculados nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, pelo método da massa equivalente de solo (Ellert e Bettany, 1995; Bayer et al., 2000), tomando a massa de solo do solo sob vegetação natural (sem cultivo de arroz) como referência.

Para a determinação da densidade do solo e do espaço poroso, utilizou-se a metodologia da EMBRAPA (2017).

Os resultados obtidos foram analisados de forma comparativa entre os diferentes tratamentos, separadamente para cada tipo de solo. Para cada conjunto de dados realizou-se o teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) e calculou-se o desvio padrão da amostra. Aplicouse os testes ANOVA e Kruskal Wallis a 5 % de significância e, quando significativos, realizou-se a comparação múltipla das médias pelo teste posthoc de Tukey e Dunn, para dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente, para cada atributo em cada ordem de solo e camada amostrada.

Os dados médios dos atributos avaliados em cada tratamento foram submetidos à análise de correlação de Spearman's (*rs*). Para a realização desta análise, utilizaram-se os resultados da camada de 0-20 cm das três ordens de solos. Esta análise permite inferir sobre a dependência estatística e a intensidade da relação entre as variáveis pelo uso de uma função monótona (Spearman's, 1904), podendo ser linear ou não.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de COT nos solos minerais não apresentou alterações ($p>0,05$) nos diferentes tratamentos, manifestando grande variabilidade nos resultados. De maneira geral, amostras de Planossolo e Gleissolo obtiveram em média 13,1 e 34,7 g $kg^{-1}$ na camada de 0-10 cm; 13,3 e 34,3 g $kg^{-1}$ na camada de 10-20 cm; 5,66 e 13,51 g $kg^{-1}$ na camada de 20-40 cm, respectivamente.

Em contrapartida, amostras dos Organossolos nas áreas de referência apresentaram teores médios de 182,7; 209,2 e 173,0 g $kg^{-1}$ de COT nas camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Com alta frequência de cultivo de arroz irrigado, verificou-se redução de 70,6 % nos teores de COT na camada de 0-10 cm, 73,8 % na camada de 10-20 cm e 93,3 % na camada de 20-40 cm, em relação à área de referência.

Comportamento similar ao COT foi observado com o NT. Planossolo e Gleissolo não apresentaram alterações ($p>0,05$), em função da intensidade de cultivo de arroz. Já no

Organossolo, em áreas de referências, os teores de NT foram de 9,55; 10,03 e 8,05 g $kg^{-1}$ nas camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Ao contrastar esses valores com os teores de NT observado nas áreas com alta frequência de uso, verificou-se uma redução aproximada de 65,8 % na camada de 0-10 cm; 66,1 % na camada de 10-20 cm e 91,0 % na camada de 20-40 cm.

O Organossolo apresentou perdas de COT e NT em todo o perfil analisado, havendo incremento das perdas com o aumento da frequência de uso e em profundidade. Estes solos quando drenados e revolvidos estão sujeitos a uma acentuada subsidência – rebaixamento do horizonte superficial - resultado do incremento da atividade de organismos decompositores (Pinto et al, 2004), e de processos físicos, como a redução do espaço poroso do solo, o que pode explicar as maiores perdas de COT e NT em profundidade, uma vez que a redução da espessura do horizonte superior, em relação à sua condição natural, implica uma amostragem de solo em maior profundidade daquela encontrada em áreas originais, incluindo a coleta de materiais com menores teores de COT e NT e nutrientes.

Os solos apresentam comportamentos diferenciados sobre a dinâmica do carbono e do nitrogênio (Figura 1 e 2). Esse comportamento deve-se ao fato de que a proteção e estabilização do C no solo são dependentes das práticas de manejo adotadas, assim como das características intrínsecas do solo (Bayer et al., 2011).

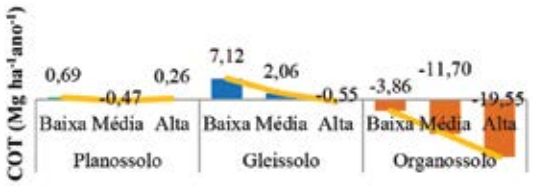



Figura 1. Taxas anuais de acúmulo ou de perda de carbono orgânico total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência (linha horizontal).

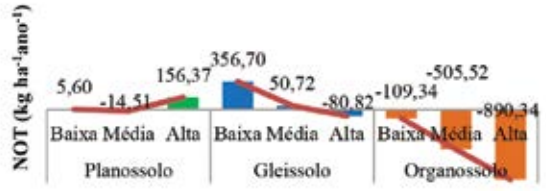



Figura 2. Taxas anuais de acúmulo ou de perda de nitrogênio total na camada de 0 a 40 cm em solos hidromórficos submetidos à diferentes frequências de uso (Baixa, Média e Alta) com arroz de base ecológica, em relação às áreas de referência(linha horizontal).

A redução dos estoques de COT e de NT deve-se à degradação da fração orgânica do solo juntamente com um processo de degradação global das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Bayer & Mielniczuk, 2008). As condições que promovem a degradação da MOS são, em primeira instância, aquelas que promovem a drenagem e exposição do solo, em direção oposta à sua característica natural. Dessa forma, observam-se maiores perdas de COT e de NT nos solos submetidos às maiores frequências de uso, na medida em que aumenta o grau de hidromorfismo dos mesmos.

Além da quantidade de oxigênio presente, a quantidade e a qualidade do resíduo, bem como os mecanismos de proteção da MOS são determinantes na avaliação da sua dinâmica. No caso particular de solos hidromórficos, a proteção física da MOS no interior de agregados é pouco expressiva na estabilização da MOS em razão da condição de saturação do solo e acesso dos microrganismos (Nascimento et al., 2009).

Os Organossolo são solos muito suscetíveis às degradações químicas e físicas. Isto conduz à recomendação para que os mesmos não sejam drenados e revolvidos, permanecendo como áreas de preservação ambiental.

Não obstante, Planossolo e Gleissolo demandam uma adequação no sistema de manejo que possa promover maior aporte, ciclagem e proteção da MOS.

A diminuição dos estoques de COT desencadeia uma série de processos de ordem química e física, dentre os quais, a redução da $CTC_{pH7,0}$ fica evidenciada, com coeficiente de correlação (rs) = 0,93.

A densidade do solo aumentou com a redução dos estoques de carbono orgânico total (rs) = -0,94, fundamentalmente devido à redução da micro porosidade (rs) = 0,98.

A redução dos teores de C no Organossolo para valores menores que 80 g $kg^{-1}$ o coloca numa condição de reclassificação, nesse caso, como Gleissolos, conforme o SiBCS (2018).

## CONCLUSÕES

O aumento da frequência de cultivo de arroz afetou a QS, fundamentalmente sobre os estoques de COT e NT e do espaço poroso.

Organossolo, Gleissolo e Planossolo, seguem essa ordem quanto à suscetibilidade à degradação química e física quando cultivado com arroz irrigado no sistema pré-germinado.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro no âmbito do Projeto NEXUS II - Chamada MCTIC/CNPq Nº 20/2017 e pela concessão de bolsa de estudo no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo/UFRGS.
Aos produtores de arroz de base ecológica do Assentamento Filhos de Sepé e ao Instituto Riograndense do Arroz (IRGA).

## REFERÊNCIAS

Bayer, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. Tópicos em Ciência do Solo, v. 7. 2011. p. 55-118.

Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Amado, T.J.C.; Martin-

-Neto, L.; Fernandes, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil Till. Res., 54:101-109, 2000.

Bayer, C.; Mielniczuk,J. Dinâmica da Matéria Orgânica. In: Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Cap. 2, 2008. p. 7-18.

Doran, J.W.; Parkin, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A., (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.120. (Special, 35).

Ellert, B.H.; Bettany, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soil under contrasting management regimes. Canadian J. Soil Sci., 75:529,538, 1995.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Teixeira, P. C. Donagemma, G. K. Fontana, A. Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

Guasselli, L. A.; Medeiros, R. M. (Org.) Impactos da produção de arroz na região metropolitana de Porto Alegre. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2015. 154 p.

Karlen, D.L.; Mausbach, M.J.; Doran, J.W.; Cline, R.G.; Harris, R.F.; Schuman, G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). Soil Sci. Soc. Am. J., 61:4-10, 1997.

Larson, W.E.; Pierce, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35).

Nascimento, P. C. et al. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2009, vol.33, n.6. ISSN 1806-9657.

NETO, L. F. S. Pedogênese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre. 2010. 109 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Pinto, L.F.S; Neto, J.A.L; Pauletto, E.A. Solos de Várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Gomes, A. S.; Magalhães Júnior, A. M. (Ed.). Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Brasília – DF, Embrapa Informação Tecnológica. 2004. p.75-95.

Santos, R. D. et al. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. Viçosa: SBCS, 2015. 101 p.

Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. Analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52:591-611, 1965.

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. – 5. ed., rev. e ampl. – ISBN 978-85-7035-800-4. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

Spearman, C.. The proof and measurement of association between two things. The American Journal of Psychology. Doi:10.2307/1412159. 1904. pp. 72101. 30 p.

Tedesco, M. J., et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: UFRGS / Departamento de Solos, 1995. 170 p.

USDA-NRCS. Soil Quality Institute, Ames, IA. Disponível em: http://soils.usda.gov/sqi/ Acesso em: 18 de novembro. 2019.

Vezzani, F. M.; Mielniczuk, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Bras de Ciência do Solo, 33:743-755, 2009. 14 p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fertilidade de um Solo Arenoso Afetada pelo Sistema de Preparo do Solo

Jaqueline Angelotti Hafemann[1]; Ana Flávia de Souza Rorato[1]; Carlos Felipe dos Santos Cordeiro[2]; Daniel Rodela Rodrigues[2]; Guilherme Dias Batista[2]; Fábio Rafael Echer[3]

[1]Graduando, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares, km 572 - Limoeiro, Pres. Prudente - SP, 19067-175, jaquehafe@gmail.com; [2]Mestrando; Universidade do Oeste Paulista; [3]Professor do Programa de Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista.

## INTRODUÇÃO

Em regiões como o Oeste Paulista onde ocorrem altas temperaturas, solos de textura arenosas com baixa fertilidade e veranicos frequentes, e é necessário utilizar práticas conservacionistas como o sistema de semeadura direta (SSD). Essa prática é eficiente para conservação do solo a longo prazo, viabilizando a produção agrícola, incluindo o algodão (Nouri et al., 2020).

O sistema de semeadura convencional (SSC), ou seja, o preparo intensivo do solo, reduz a estabilidade de agregados do solo (Wang et al., 2015), expondo a matéria orgânica do solo, levando a sua rápida oxidação (Ussiri; Lal, 2009; Schwartz et al., 2010).

É possível aumentar a MOS com o uso do SSD e plantas de cobertura (Veloso et al., 2018), melhorando a qualidade do solo (Balota et al., 2014; Mirchell et al., 2017).

Devido à baixa solubilidade do calcário, geralmente é incorporado ao solo através do revolvimento (Pöttker e Ben, 1998), aumentando a disponibilidade de $Ca^{++}$ e $Mg^{++}$ nos solos , além de neutralizar a acidez (Caires et al., 1998; Soratto e Crusciol, 2008; Joris et al., 2013). Em SSD, a calagem é realizada superficialmente (Conyers et al., 2003; Soratto e Crusciol, 2008; Briedis et al., 2012), no entanto a velocidade de reação é mais lenta quando não é incorporada (Pöttker e Ben, 1998; Caires et al., 2008).

O objetivo do estudo foi avaliar os atributos químicos do solo, durante o cultivo do algodoeiro em sistema de semeadura direta e convencional em um solo arenoso, previamente ocupado por pastagem degradada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na safra 2017/2018 em Presidente Bernardes-SP, Brasil, (latitude 22°07'S; longitude 51°23' W e altitude de 475 m), e foi implantado em uma área de pastagem degradada (*Urochloa brizantha*) que foi cultivada com soja na safra 2016/2017, e permaneceu em pousio (estabelecimento de plantas voluntárias de *Urochloa* provenientes do banco de sementes do solo). O solo da área é classificado como Latossolo Argilúvico, de textura arenosa (Embrapa, 2018), cujas características físico-químicas antes da implantação do experimento estão na tabela 1. O clima regional é classificado como tropical chuvoso (Aw Koppen).

Tabela 1. Propriedades químicas e textura do solo antes da implantação do experimento (2017) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

| Prof. (cm) | pH | MOS | $P_{resina}$ | $K^+$ | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | CTC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g $dm^{-3}$ | mg $dm^{-3}$ | .....mmol $dm^3$..... | | | |
| 0-20 | 5,0 | 12,1 | 11,8 | 0,6 | 11,8 | 5,9 | 35,9 |
| 20-40 | 4,7 | 10,0 | 3,4 | 0,4 | 3,7 | 2,9 | 26,6 |

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dez repetições. Os tratamentos foram compostos pelos sistemas de preparo do solo: Sistema de Semeadura Direta (SSD) e Sistema de Semeadura Convencional (SSC). No SSC o solo permaneceu em pousio na entressafra e foi realizado o preparo do solo com grade pesada e niveladora antes da semeadura do algodoeiro. Já no SSD cultivou-se o capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*) na entressafra de 2017, com semeadura em maio. Cada unidade experimental teve 194,4 $m^2$ (7,2 m x 27 m) com corredores de 3 m entre as parcelas.

Em março de 2017 (pós colheita da soja) foi semeada a Mombaça, com 14 kg $ha^{-1}$ de sementes puras nas parcelas do SSD. Em julho de 2017 foi aplicado 2,5 t $ha^{-1}$ de calcário dolomítico. Em outubro de 2017 foi realizado o preparo convencional do solo (grade pesada 0-40 cm) e dessecação da área do SSD, com 3 L $ha^{-1}$ de glifosato. A semeadura do algodoeiro foi em realizada em 15/11/2017 com nove sementes por metro e espaçamento com 0,8 m, cultivar TMG 47B2RF. O algodoeiro foi colhido aos 150 DAE.

Após a colheita do algodoeiro (maio de 2018) foi coletado solo nas profundidades de 0-20, 20-40. 40-60, 60-80, 80-100 cm, com cinco subamostras por cada parcela, para análises de matéria orgânica, pH, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, enxofre e alumínio, CTC (capacidade de troca de cátions) e saturação de bases, conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001).

## Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível mínimo de 5% de probabilidade ($p$<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para teor de matéria orgânica do solo não houve diferença entre os sistemas na camada de 0-20 cm, mas foi maior no SSD entre 20-100 cm (Figura 1a). O pH foi maior no SSC apenas de 0-20 cm (7,4%) (Figura 1b). A CTC e saturação de bases do solo foram maiores no SSC em todas as camadas, sendo 62% e 30%, respectivamente, maiores na camada de 0-20 cm comparado aos SSD (Figura 1c;d).

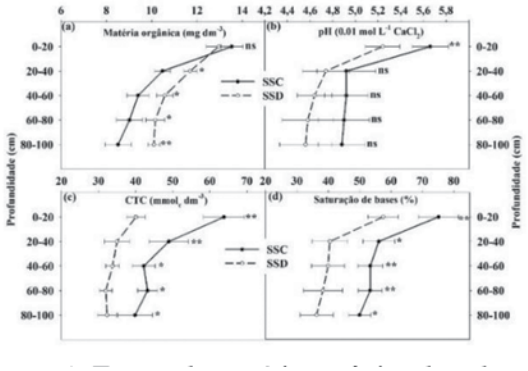



Figura 1. Teores de matéria orgânica do solo, pH, CTC e saturação de bases do solo, em Sistema de Semeadura Direta e Convencional em diferentes camadas do solo. **significantivo a 1%, *significantivo a 5% e ns = não significativo.

Os teores de cálcio e potássio foram maiores no SSC, independente da camada do solo (Figura 2a; c); já para o magnésio o efeito foi apenas de 040 cm, sendo 90% e 116% maiores nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, comparadas ao SSD (Figura 2b), isso se deve a incorporação do calcário no solo que acelerou a reação do calcário e liberação de Ca e Mg (Figura 2a;b). O fósforo foi 7,7 mg $dm^3$ maior na camada

de 0-20 cm no SSC, comparado ao SSD (Figura 2d). Em profundidade (40-100 cm) o alumínio foi maior no SSD (>2,0) (Figura 2f), pois nesse sistema não houve uma prévia incorporação de calcário para neutralizar o alumínio. Adicionalmente não houve efeito dos sistemas de preparo do solo sobre o teor enxofre no solo (Figura 2e), e este aumentou conforme a profundidade.

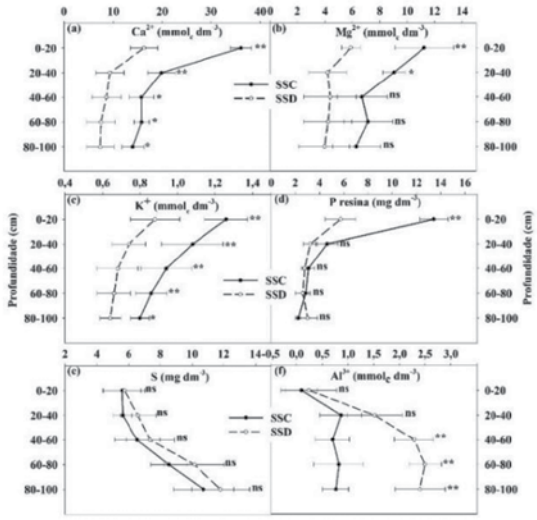



**Figura 2.** Teores cálcio, magnésio, potássio, fosforo, enxofre e alumínio do solo em Sistema de Semeadura Direta e Convencional em diferentes camadas do solo. **significantivo a 1%, *significantivo a 5% e ns = não significativo.

Há relatos que em solos arenosos há a possibilidade da correção do solo com aplicação superficial de calcário, em áreas de pastagem degradadas (Tiritan et al., 2016), porém os resultados apresentados indicam que o cultivo do algodoeiro nesse sistema sem prévia incorporação de calcário limita a fertilidade do solo, o que pode resultar em menores produtividade nos primeiros anos de cultivo. Dessa forma, em áreas de transição entre pastagem degradada e cultivos agrícolas a incorporação de corretivos deve ser adotada.

## CONCLUSÕES

Ausência de incorporação do calcário no Sistema de Semeadura Direta resulta em menor fertilidade do solo no primeiro ano de implantação pós-pastagem degradada em um solo arenoso.

**AGRADECIMENTOS:** À Associação Paulista dos Produtores de Algodão (APPA) pelo apoio financeiro á pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Balota EL, Calegari A, Nakatani AS, Coyne MS. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: A long-term study. Agric. Ecosyst. Environ., 197, pp. 31- 40, 2014.

Briedis C, Sá, JCC, Caires EF, Navarro JF, Inagaki TM, Ferreira AO. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras. 47, 1007-1014, 2012.

Caires EF, Chueiri WA, Madruga EF, Figueiredo A. Alterações nas características químicas do solo por aplicação superficial de calcário e gesso e resposta da soja em sistema de plantio direto. R. Bras. Ci Solo22, 27-34, 1998.

Caires EF, Garbuio FJ, Churka S, Barth G, Corrêa JCL. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. Eur. J. Agron. 28, 57-64, 2008.

Conyers MK, Heenan DP, McGhie WJ, Poile GP. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. Soil Till. Res. 72, 85-94, 2003.

Joris HAW, Caires EF, Biri AR, Scharr DA, Haliski A. Effects of soil acidity and water stress on

corn and soybean performance under a no-till system. Plant Soil 365, 409-424, 2013.

Mitchell JP, Shrestha A, Mathesius K, Scow K M, Southard R.J, Haney R L, Schmidt R, Munk D S, Horwath WR. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. Soil Tillage Res. 165, pp. 325 – 335, 2017

Nouri A, Lee J, Yoder DC, Jagadamma S, Walker F R, Yin, X., Arelli, P. Management duration controls the synergistic effect of tillage, cover crop, and nitrogen rate on cotton yield and yield stability. Agriculture, Ecosystems & Environment. 301, 107007, 2020.

Pöttker D. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo 22, 675-684, 1998.

Raij BV, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001.

Schwartz RC, Baumhardt RL, Evett SR. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.110, n.1, p.221-229, 2010.

Soratto RP, Crusciol CAC. Atributos químicos do solo afetados pela aplicação de calcário e gesso na superfície de um sistema de plantio direto estabelecido recentemente. R. Bras. Ci. Solo 32, 675–688, 2008.

Tiritan CS, Bull LT, Crusciol CAC, Carmeis ACA, Fernandes DM, Nascente AS. Tillage system and lime application in a tropical region: soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures. Soil Tillage Res. v. 155, p. 437–447, 2016.

Ussiri D, Lal R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.104, n.1, p.39-47, 2009.

Veloso MG, Angers DA, Tiecher T, Giacomini S, Dieckow J, Bayer C. High carbon storage in a previously degraded subtropical soil under no-tillage with legume cover crops. Agric. Ecosyst. Environ. 268 pp. 15-23, 2018.

Wang Y, Zhang JH, Zhang ZH. Influences of intensive tillage on water-stable aggregate distribution on a steep hillslope. Soil Tillage Res. 151 pp 82-92, 2015.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fluxos de $CH_4$ e $N_2O$ de Planossolo Cultivado com Arroz Irrigado: Efeito de Rotação de Culturas e Preparo do Solo

Nathália Furtado Lucas[1]; Camila Lemos Lacerda[2]; Eltiéres Peres de Souza[2]; Thaís Murias Jardim[2]; Samuel Pieper Griep[2]; Walkyria Bueno Scivittaro[3]

[1]Estudante, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n, Capão do Leão-RS, CEP 96160-000, nathalialuccas@gmail.com; [2]Estudante, UFPel; [3]Pesquisadora, Embrapa Clima Temperado.

## INTRODUÇÃO

As áreas de terras baixas do Sul do Brasil são tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado em rotação com pecuária extensiva. Há alguns anos, o período de pousio tem sido alvo de interesse de produtores que buscam melhor aproveitamento das terras baixas, por meio da rotação de culturas com espécies de sequeiro. Os resultados de pesquisas sobre o impacto da rotação de culturas nesse ambiente ainda são incipientes, demandando estudos, incluindo a avaliação do potencial de emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Os solos agrícolas são uma importante fonte de óxido nitroso ($N_2O$) e metano ($CH_4$) para a atmosfera, contribuindo, respectivamente, com 6% e 20% para o aumento no forçamento radiativo global (IPCC, 2013). As emissões de $N_2O$ estão fortemente associadas ao aporte de nitrogênio (N), via adubação, a sistemas agrícolas aeróbios.

O cultivo de arroz irrigado por inundação do solo, por sua vez, constitui-se em importante fonte de emissão de $CH_4$ do setor agropecuário (NISHIMURA et al., 2011; YAN et al., 2009). Contrariamente, as emissões de $N_2O$ do cultivo de arroz irrigado são pouco representativas, uma vez que, sob inundação contínua, mantém-se a condição de anaerobiose, que é desfavorável à nitrificação, limitando a disponibilidade de nitrato, que é o substrato para a desnitrificação (CAI et al., 1997; LINQUIST et al., 2012).

A rotação do arroz com cultivos de sequeiro, como a soja, reduz o período de ocorrência de ambiente anóxico, favorável à produção e emissão de $CH_4$. Mas intensifica a alternância nas condições de oxirredução do solo, favorecendo os processos de nitrificação e desnitrificação, que têm o $N_2O$ como produto intermediário (LIU et al., 2010).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de sistemas de rotação de culturas e de preparo do solo sobre os fluxos de $CH_4$ e $N_2O$ de Planossolo cultivado com arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra agrícola 2018/19, em Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão-RS. Os tratamentos incluíram dois sistemas de rotação de culturas: arroz-arroz-arroz-arroz e soja-soja-soja-arroz, estabelecidos em sistema convencional

de preparo do solo (SC) e em plantio direto (PD). Esses foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições. Os níveis do fator sistema de preparo do solo foram alocados nas parcelas principais e, nas subparcelas, os níveis do fator rotação de culturas.

O sistema de rotação de culturas foi implantado na entressafra de 2015, com o cultivo de azevém. Essa mesma forrageira foi cultivada nos demais períodos de entressafra (2016 a 2018). O primeiro ciclo dos sistemas de rotação de culturas foi implantado na safra 2015/16, de forma que na safra 2018/19 acompanhou-se o quarto ciclo, representado pela cultura de arroz irrigado.

Nas parcelas experimentais, com dimensões de 12 m x 20 m, foram dispostos, ao acaso, três sistemas coletores de GEE do tipo câmara estática fechada (MOSIER, 1989). As coletas de amostras de ar, para avaliação de emissões de GEE do cultivo de arroz, foram realizadas semanalmente, salvo nas semanas de realização das adubações nitrogenadas em cobertura, em que a frequência de amostragem aumentou para a cada dois dias.

As amostras de ar do interior das câmaras foram coletadas manualmente, nos tempos 0, 5, 10 e 20 minutos após o fechamento das câmaras. As concentrações de $CH_4$ e $N_2O$ foram determinadas por cromatografia gasosa. Os fluxos diários de $CH_4$ e $N_2O$ foram calculados pela relação linear entre a variação de suas concentrações e os tempos de coleta, sendo analisados por estatística descritiva (média ± desvio padrão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sob o sistema convencional de preparo do solo (SC), o padrão de fluxos de $N_2O$ do solo foi semelhante para ambos os dois sistemas de rotação de culturas, embora apresentando magnitude distinta. Ambas as rotações de culturas apresentaram pico máximo de emissão de $N_2O$ no 18º dia após a semeadura do arroz (DAS), com valores correspondentes a 32.335,6 e 8.612,4 mg $N_2O$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$, para os sistemas em que o arroz irrigado foi precedido pelo cultivo de arroz e soja, respectivamente (**Figura 1a**). Esse pico de emissão ocorreu antes da primeira cobertura com N e entrada da água na lavoura de arroz, sendo atribuído à recente incorporação ao solo dos resíduos da cobertura vegetal estabelecida durante o período de outono/inverno e à adubação nitrogenada de base para o arroz, associadas à umidade elevada do solo decorrente de chuva ocorrida nos dias anteriores (33 mm), acarretando em alternância dos processos de umedecimento e secagem e do solo, que favorece os processos de nitrificação/desnitrificação (REDDY; DELAUNE, 2008). Embora menores que os picos determinados no 18º DAS, valores elevados de fluxo de $N_2O$ também foram observados no 27º DAS, ou seja, em sucessão à primeira adubação nitrogenada em cobertura (**Figura 1a**). No restante do período, os fluxos de $N_2O$ foram baixos, com valores próximos ou iguais a zero.

Também sob plantio direto (PD), o primeiro fluxo elevado de $N_2O$ ocorreu no 18º DAS, apresentando os valores: 26.685,80 mg $N_2O$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$, para o monocultivo de arroz, e 20.218,54 mg $N_2O$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$, para arroz irrigado após o cultivo de soja (**Figura 1a**). Segundo Baggs et al. (2000), cerca de 80% do $N_2O$ são emitidos nas três primeiras semanas após a incorporação de resíduos ou adição de fontes nitrogenadas ao solo. Durante o restante da safra do arroz, os fluxos de $N_2O$ foram de baixa magnitude e muito próximos a zero (**Figura 1a**), devido à constância nas condições de anaerobiose do solo (LINQUIST et al., 2012).

De maneira geral, as emissões de $N_2O$ associadas ao cultivo de arroz irrigado são baixas; a maior parte ocorre durante os períodos de al-

ternância nas condições de oxirredução do solo (ADVIENTO-BORBE et al., 2013). Isso se deve à manutenção de lâmina da água contínua após a primeira adubação nitrogenada, evitando-se ciclos de umedecimento e secagem do solo, que predispõem a ocorrência dos processos produtores de $N_2O$.

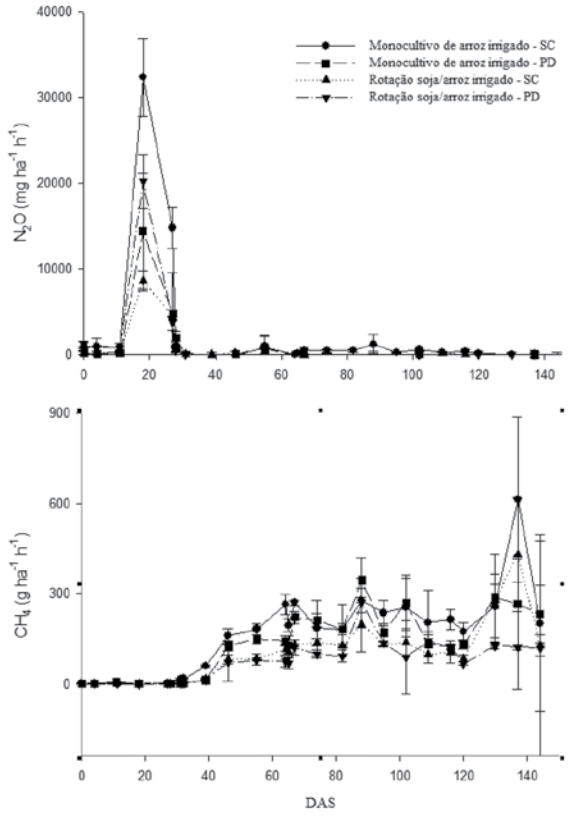



Figura 1. Fluxos de N2O (a) e CH4 (b) de Planossolo cultivado com arroz irrigado, em função de sistemas de rotação de culturas e de preparo do solo.

Os fluxos de $CH_4$ do solo foram característicos do cultivo de arroz irrigado por inundação do solo, sendo inicialmente baixos, aumentando gradativamente até o florescimento, quando assumiram comportamento decrescente até o final do ciclo da cultura (Figura 1b). Em seguida à supressão da irrigação da lavoura de arroz, também foram verificados alguns picos elevados de emissão de $CH_4$ (Figura 1b).

O comportamento dos fluxos de $CH_4$ foi semelhante em ambos os sistemas de preparo do solo, convencional e plantio direto, diferindo, apenas, em magnitude. Iniciaram após o estabelecimento e estabilização da lâmina da água na lavoura, devido a fermentação da matéria orgânica facilmente degradável presente no solo (NEUE et al., 1997). Fluxos de $CH_4$ de baixa magnitude ocorrem logo após a inundação do solo, devido à baixa produção de $CH_4$ durante o período de redução dos íons $NO_3^-$, $Mn_4^+$, $Fe^{3+}$ e $SO_4^{2-}$ (LE MER e ROGER, 2001). Ademais, no início da fase vegetativa, as plantas de arroz apresentam menor volume de raízes e, consequentemente, liberam pequena quantidade de exsudatos, que atuam como substratos para a metanogênese. Durante a fase de perfilhamento, as emissões de $CH_4$ aumentaram, com algumas oscilações, possivelmente associadas à instabilidade temporária na manutenção da lâmina de irrigação para o arroz, promovendo períodos curtos de solo oxidado.

Sob SC, ambos os sistemas de rotação de culturas apresentaram pico elevado de emissão de $CH_4$ no 88º DAS, atingindo, respectivamente, 278,2 e 252,9 g $CH_4$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$. Esses picos de emissão de $CH_4$ ocorreram próximo ao florescimento das plantas, quando há maior quantidade de biomassa de raízes, propiciando maior quantidade de substratos para a atividade metanogênica (NEUE, 1993). Além disso, no 67º DAS foi realizada a segunda adubação nitrogenada em cobertura do arroz, estimulando o crescimento das plantas e, consequentemente, a exsudação radicular (REDDY; DELAUNE, 2008). Nessa fase, a planta de arroz encontrava-se bem desenvolvida e com maior volume de aerênquima, que é responsável por cerca de 90% do

$CH_4$ transportado do solo para atmosfera (YAN et al., 2000). Os maiores fluxos de $CH_4$ ocorreram após a supressão da irrigação, ao final do período de cultivo do arroz, com valores corres-

pondentes a 612,6 e 430,4 g $CH_4$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$, para os tratamentos com monocultivo de arroz irrigado e arroz irrigado em sucessão à soja, respectivamente. Explica-se esse fato pela liberação do $CH_4$ já produzido, que se encontra aprisionado no solo pela lâmina de água (LIANG et al., 2013).

Por sua vez, sob PD, os fluxos de $CH_4$ iniciaram a partir do 46º DAS, ou seja, 20 dias após a primeira adubação em cobertura e estabilização da lâmina da água na lavoura de arroz irrigado. Segundo Bayer et al. (2015), fluxos de

$CH_4$ maiores são verificados entre 20 e 40 dias após a inundação do solo, coincidindo com o início da fase reprodutiva, quando os compostos inorgânicos já foram reduzidos, favorecendo a metanogênese.

A comparação entre os sistemas de rotação de culturas mostra que o monocultivo de arroz irrigado apresentou elevado fluxo de $CH_4$ no 102º DAS, atingindo valor de 248,4 $CH_4$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$. A rotação soja-soja-soja-arroz apresentou pico de emissão no 88º DAS (346,8 g $CH_4$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$). Após a supressão da irrigação do arroz, fluxo de $CH_4$ de magnitude elevada foi determinado, apenas, para o sistema com monocultivo de arroz irrigado (417,3 g $CH_4$ $ha^{-1}$ $h^{-1}$).

## CONCLUSÕES

A inserção da soja em rotação ao arroz irrigado reduz os fluxos de $CH_4$ de Planossolo cultivado com arroz irrigado, tendo efeito restrito sobre as emissões de $N_2O$ do solo, comparativamente ao monocultivo de arroz.

A adoção de plantio direto reduz a magnitude dos fluxos de $CH_4$ do solo, em relação ao sistema convencional de preparo, independentemente do sistema de rotação de culturas.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq, pela concessão de bolsa PIBIC ao primeiro e quinto autores. À CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo autor. À Embrapa Clima Temperado, pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Adviento-Borbe MA, Pittelkow CM, Anders M, Kessel CV, Hill JE, McClung AM, Six J, Linquist BA. Optimal fertilizer nitrogen rates and yield--scaled global warming potential in drill seeded rice. J. of Environmental Quality. 2013;42:1623-1634.

Baggs EM, Rees RM, Smith KA, Vinten AJA. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. J. Soil Use and Management. 2000;16:82-87.

Bayer C, Zschornack T, Pedroso GM, Rosa CM,

Camargo ES, Boeni M, Marcolin E, Reis CES, Santos DCA. Seven-year study on the effects of fall soil tillage on yield-scaled greenhouse gas emission from flood irrigated rice in a humid subtropical climate. J. Soil and Tillage Research. 2015;145:118-125.

Cai Z, Xing G, Yan X, Xu H, Tsuruta H, Yagi K, Minami K. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. J. Plant and Soil. 1997;196:7-14.

IPCC, 2013: Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (ends.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 1535 pp.

Le Mer J, Roger P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. J. European of Soil Biology. 2001;37:5–25.

Liang XQ, Li H, Wang SX, Ye YS, Ji YJ, Tian GM,

van Kessel C, Linquist BA. Nitrogen management to reduce yield-scaled global warming potential in rice. J. Field Crops Research. 2013;146:66-74.

Linquist B, Groenigen KJ, Adviento-Borbe MA, Pittelkow C, Kessel C. An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops. J. Global Change Biology. 2012;18:194-209.

Liu B, Morkved PT, Frostegard A, Bakken LR. Denitrification gene pools, transcription and kinetics of NO, $N_2O$ and $N_2$ production as affected by soil pH. J. FEMS Microbiology Ecology. 2010;72:407-417.

Mosier AR. Chamber and isotope techniques. In: Andrae MO, Schimel DS, editors. Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop. Berlin: Wiley; 1989. p. 175-187.

Neue HU. Methane emission from rice fields: wetland rice fields may make a major contribution to global warming. R. BioScience. 1993;43:466-73.

Neue HU, Wassmann R, Kludzer HK, Bujun W, Lantin RS. Factors and processes controlling methane emissions from rice fields. J. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 1997;49:111-117.

Nishimura S, Akiyama H, Sudo S, Fumoto T, Cheng W, Yagi K. Combined emission of $CH_4$ and $N_2O$ from a paddy field was reduced by preceding upland crop cultivation. J. Soil Science and Plant Nutrition. 2011;57: 167-178.

Reddy KR, Delaune RD. Wetlands and global climate change. In: Biogeochemistry of wetlands: science and applications. Boca Raton: CRC Press; 2008. p. 599 - 621.

Yan X, Shi S, Du L, Xing G. Pathways of $N_2O$ emission from rice paddy soil. R. Soil Biology and Biochemistry. 2000;32:437-440.

Yan X, Akiyama H, Yagi K, Akimoto H. Global estimations of the inventory and mitigation potential of methane emissions from rice cultivation conducted using the 2006 intergovernmental panel on climate change guidelines. J. Global Biogeochemical Cycles. 2009.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Frações Leves da Matéria Orgânica do Solo no Oeste do Paraná como indicadores de qualidade do solo

Melania Merlo Ziviani[1]; Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto[2]; Marcos Gervasio Pereira[3]; Jean Sérgio Rosset[4]

[1]Doutoranda, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (PPGA-CS), Departamento de Solos, Seropédica - RJ, 23890-000,.melziviani@gmail.com; [2]Doutorando UFRRJ – Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (PPGA-CS), l_arodrigues@yahoo.com.br; [3]Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465 km 7, Seropédica, RJ, CEP:23890-000, mgervasiopereira01@gmail.com; [4] Professor Adjunto IV da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo BR 163, km 20,2, Mundo Novo, MS, CEP: 79980000, rosset@uems.br

## INTRODUÇÃO

Sistemas conservacionistas de produção podem ser definidos como um conjunto de práticas agrícolas edáficas que propiciam melhorias na capacidade produtiva das culturas através de um melhor condicionamento do solo (SALTON et al., 1998). Um sistema conservacionista utilizado em larga escala no Brasil é o sistema plantio direto (SPD) que elimina ou diminui o uso dos manejos convencionais de preparo de solo e o uso de herbicidas, mantendo a superfície do solo coberta por resíduos vegetais (CRUZ et al., 2001).

Os SPD além de afetar positivamente os atributos edáficos é um importante contribuinte na valorização da terra (TELLES et al., 2018). Por ser um sistema que favorece as entradas de carbono (C) no solo (BENBI et al., 2015). O seu impacto sobre o ciclo desse elemento e, consequentemente, no efeito estufa, é notório e atrai a atenção de pesquisadores. Sabe-se que a manutenção do C no solo está ligada a fatores tais como: vegetação, clima, relevo, material de origem e tempo (STEVENSON, 1982), além dos mecanismos (recalcitrância; proteção física e proteção química do material orgânico) (SOLLINS et al., 1996) de estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) através de um processo contínuo de ciclagem de nutrientes.

As frações leves da MOS representam a primeira entrada de C ao solo por corresponder aos primeiros compartimentos de C decorrentes da decomposição do material orgânico. São representadas pela fração leve livre (FLL) e fração leve intra-agregado (FLI) (ROSCOE; MACHADO, 2002). Essas frações podem ser obtidas através do fracionamento físico da MOS, sendo esse procedimento utilizado em estudos da dinâmica da MOS em diferentes sistemas de manejo, com destaque para o SPD (KNOX et al., 2015).

Sabendo da importância do SPD no processo de diminuição de emissão de C para a atmosfera através da manutenção contínua de material orgânico incorporado ao solo ao longo do tempo, esse estudo teve por objetivo avaliar o efeito dos sistemas de preparo de solo na distribuição dos conteúdos e estoques de C das fra-

ções leves da matéria orgânica em um Latossolo Vermelho Eutroférrico típico no oeste do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Guaíra, Paraná, e o solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico típico, de textura muito argilosa.

Para o estudo foram selecionadas quatro áreas a saber: uma área de referência, sem interferência antrópica (Mata Nativa – MN) e três áreas manejadas com diferentes tempos de adoção de SPD, todos com sucessão soja, milho/trigo. As três áreas manejadas são: $SPD_6$ - sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{14}$ - sistema plantio direto com 14 anos; $SPD_{12}$ M+B - sistema plantio direto de 12 anos com sucessão de soja, milho/trigo e mais 4 anos de introdução de consórcio entre braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e milho nos cultivos de inverno.

Foram demarcadas cinco glebas de 400 $m^2$, nas quais realizaram-se as coletas das amostras de solo, sendo que cada gleba representou uma repetição. As amostras foram coletadas em duas camadas: 00,05 e 0,05-0,10 m.

Após secas ao ar, as amostras foram destorroadas e peneiradas, em seguida, submetidas ao fracionamento físico densimétrico da MOS (SOHI et al., 2001) e realizada a quantificação dos conteúdos de C orgânico (YEOMANS; BREMMER, 1988) das frações leves da MOS (CFLL – carbono orgânico da fração leve livre; CFLI – carbono orgânico da fração leve intraagregado). Também foram calculados os estoques de C (ELLERT; BETTANY, 1995; CARVALHO et al., 2009; FERNANDES; FERNANDES, 2013) dessas mesmas frações leves (ECFLL – estoques de carbono da fração leve livre; ECFLI – estoque de carbono da fração leve intra-agregado). Posteriormente foi realizado o cálculo dos estoques de carbono totais das frações leves (ETCFL) resultante da soma dos ECFLL e ECFLI de uma mesma camada.

Os resultados foram analisados através da construção do *boxplot* referente a comparação entre os três sistemas de plantio e a mata nativa e seguiu o método proposto por Tukey (1970) sendo calculado e plotado através do Excel (Microsoft Office).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise da **Figura 1** é possível observar os teores de carbono orgânico nas frações leves livre (FLL) e intra-agregado (FLI) da MOS em diferentes sistemas de manejo e camadas. De maneira geral, os teores de C das frações variaram entre 0,36 g kg $solo^{-1}$ ($SPD_{14}$) a 1,95 g $kg^{-1}$ solo (MN).

Os conteúdos de CFLL foram maiores na camada de 0-0,05 m em todas as áreas avaliadas quando comparada à camada 0,05-0,1 m. Esse efeito pode ser justificado pela diminuição da contribuição do material orgânico em profundidade.

Com relação ao CFLI, foram verificados teores de C bem próximos entre as áreas de $SPD_6$, $SPD_{14}$ e $SPD_{12}$ M+B, sendo possível verificar incremento de C na camada de 0,05-0,1 m. Do $SPD_6$ para o $SPD_{14}$, houve um incremento de 13,6% de C. Quando se compara a área de $SPD_{14}$ com a de $SPD_{12}$ M+B, percebe-se um aumento de 21,5% no conteúdo de C nessa fração. Na área de MN o CFLI, na camada de 0-0,05 m, foi maior com até 1,91 g C $kg^{-1}$ solo quando comparado ao C dessa mesma fração em áreas de SPD. Percebe-se que esse atributo apresentou um padrão menos regular devido a maior dispersão dos dados.

Quanto aos estoques de C da FLL e FLI (**Figura 2**) seguiram um padrão similar ao observado para os conteúdos de C dessas frações discutidos anteriormente.

Ao avaliar-se os estoques totais de C orgânico das frações leves (ETCFL) da MOS nos diferentes sistemas de manejo e camadas (**Figura 3**), nota-se similaridade entre os conteúdos de C nos SDP de 6 e 14 anos em ambas as camadas. Foram observados valores próximos a 500 kg $ha^{-1}$ de estoque de C nessas áreas de SPD. No $SPD_{12}$ M+B os valores médios de estoques de C foram superiores aos quantificados nos $SPD_6$ e $SPD_{14}$ em ambas as camadas. O estoque de C no $SPD_{12}$ M+B estive próximo aos 600 kg $ha^{-1}$. Na área de MN foram verificados os maiores estoques totais de C das frações leves, com valores de até 1600 kg $ha^{-1}$ na camada de 0,00-0,05 m e 1200 kg $ha^{-1}$ em 0,05-0,10 m. Os estoques médios de C nas áreas de MN foram próximos de 1200 kg $ha^{-1}$ e 1000 kg $ha^{-1}$, respectivamente.

O consórcio entre as culturas agrícolas de milho e braquiária surgiu com a finalidade de aumentar a produção de palha nos cultivos de inverno para a semeadura de soja na estação seguinte. Essa combinação pode contribuir de forma lenta nos conteúdos e estoques de C das FL (livre e intraagregado) ao longo do tempo o que pode ser verificado através da análise das **Figuras 1, 2 e 3**. Os incrementos nos teores e estoques C das FL nos SPD com sucessão das culturas soja-milho/trigo ($SPD_6$ e $SPD_{14}$) ocorrem de forma lenta quando comparados especialmente a área de MN. A substituição do trigo pela braquiária nos cultivos de inverno nos últimos quatro anos ($SPD_{12}$ M+B) aumentou os conteúdos de C das frações leves e seus estoques no solo nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m.

As taxas de adição de C ao solo dependem da quantidade e qualidade do material orgânico depositado, além das condições ambientais as quais estão submetidos. Esse processo ocorre de forma lenta principalmente em regiões tropicais, devido ao clima quente e úmido que se torna limitante para o aumento dos estoques e teores de C do solo (CARVALHO et al., 2010). Em solos sob condições naturais, sem interferência humana, os processos de deposição e transformação da MOS acorrem de forma contínua (ARAÚJO et al, 2011) o que favorece os acúmulos de C no solo através do equilíbrio entre entradas e perdas no sistema.

O uso de culturas variadas possibilita a entrada de material orgânico com relação C/N distinta, sendo que materiais com maiores valores dessa relação favorecem a permanência do C no solo devido a imobilização do nitrogênio por microrganismos durante os processos de transformação da MOS (SCHROEDER, 1984; BODDEY et al., 2010). Por outro lado, menores valores dessa relação, favorecem a decomposição da MOS, padrão constatado em estudos como o de Janssens et al. (2010).

## CONCLUSÕES

Os teores e estoques de C das FL, demonstraram que a rotação de culturas torna-se eficiente na incorporação de C ao solo quando realizada com maior diversidade de espécies vegetais. Esse padrão deve-se ao fornecimento de resíduos em diferentes quantidades e composições ao solo, além de condições que favorecem o processo de humificação da MOS.

**AGRADECIMENTOS:** CNPq, CAPES, PPGACS

## REFERÊNCIAS

Araújo. EA, Ker JC, Mendonça ES, Silva IR, Oliveira EK. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. Acta Amazonica, Manaus, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011.

Benbi DK, Brar K, Toor AS, Singh P. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. Geo-

derma, Amsterdam, v. 237-238, n. 1, p. 149-158, 2015.

Boddey RM, Jantalia CP, Conceicão PC, Zanatta JA, Bayer C, Mielniczuk J, Dieckow J, Santos HP, Denardin JE, Aita C, Giacomini SJ, Alves BJR, Urquiaga S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zerotill subtropical agriculture. Global Change Biology, Illinois, v. 16, n. 2, p. 784-795, 2010.

Carvalho JLN, Avanzi JC, Silva MLN, Mello CR, Cerri CEP. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

Carvalho JLN, Cerri CEP, Feigel BJ, Piccolo MC, Godinho VP, Cerri CC. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazil Amazon. Soil and Tillage Research, v. 103, p.342-349, 2009.

Cruz JC, Pereira Filho IA, Alvarenga RC, Santana DP. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, 2001. (Informe Agropecuário).

Ellert BH, Bettany JR. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.

Fernandes FA, Fernandes AHBM. Atualização dos métodos de cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. Embrapa PantanalComunicado Técnico (INFOTECA-E), 2013.

Janssens IA, Dieleman W, Luyssaert S, Subke JA, Reichstein M, Ceulemans R, Cias P, Dolman AJ, Grace J, Matteuce G, Papele D, Piao SL, Schulze ED, Tang J, Law BE. Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition. Nature geoscience, v. 3, n. 5, p. 315-322, 2010.

Knox NM, Grunwald S, Mcdowell ML, Bruland GL, Myers DB, Harris WG. Modelling soil carbon fractions with visible near-infrared (VNIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopy. Geoderma, Amsterdam, v. 239240, n. 2, p. 229-239, 2015.

Roscoe R, Machado PLOA. Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. Embrapa Agropecuária Oeste, p 86, 2002.

Salton JC, Hernani LC, Fontes CZ. Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; 1998.

Schroeder D. Solos: Fatos e Conceitos. 4. ed. Berna: Copyright, 1984.

Sollins P, Homann P, Caldwell BA. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. Geoderma, 74, 65-105, 1996.

Stevenson FJ. Húmus chemistry: gênesis, composition and reaction. New York: John Wiley & Sons, 1982., 1994.

Telles TS, Reydon BP, Maia AG. Effects of no-tillage on agricultural land values in Brazil. Land Use Policy, v. 76, p. 124-129, 2018.

Yeomans JC, Bremner J M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in soil science and plant analysis, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 198

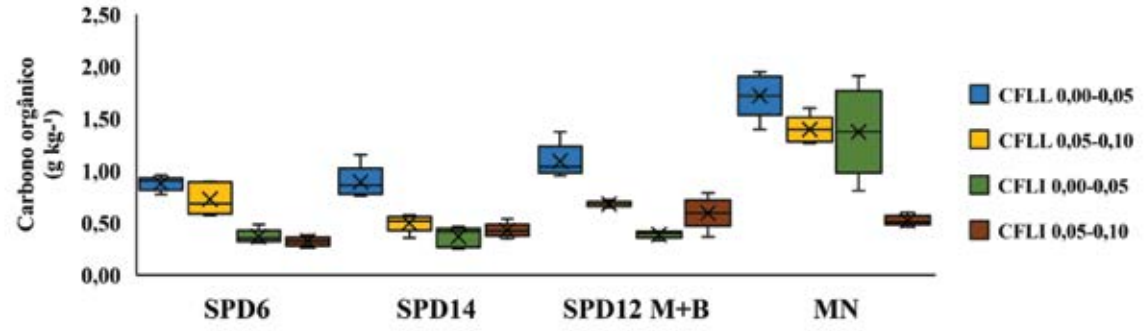



Figura 1. Teores de carbono orgânico nas frações leves livre (FLL) e intra-agregado (FLI) da MOS em diferentes sistemas de manejo e camadas, sob Latossolo Vermelho Eutroférrico típico na região Oeste no Paraná.

$SPD_6$: Sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{14}$: Sistema plantio direto com 14 anos; $SPD_{12}$ M+B: Sistema plantio direto com 12 anos mais 4 anos de consórcio entre braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e milho nos cultivos de inverno; MN: Mata nativa; C-FLL: Carbono orgânico da fração leve-livre; C-FLI: Carbono orgânico da fração intra-agregado.

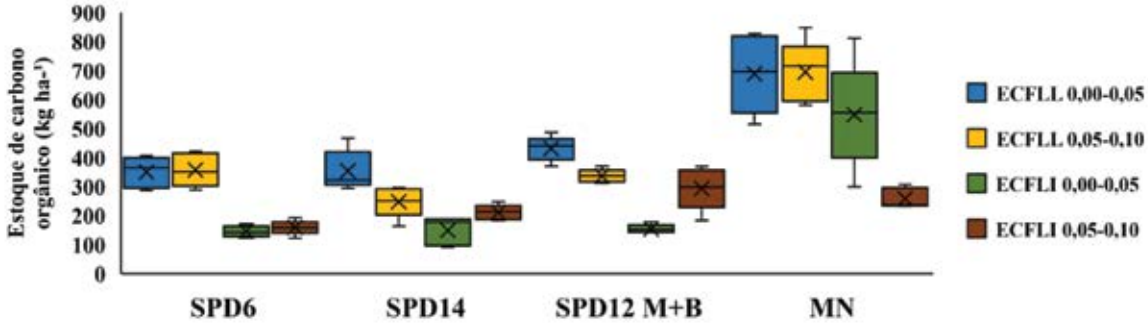



Figura 2. Estoque de carbono orgânico nas frações leves livre (FLL) e intra-agregado (FLI) da MOS em diferentes sistemas de manejo e camadas, sob Latossolo Vermelho Eutroférrico típico na região Oeste no Paraná.

$SPD_6$: Sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{14}$: Sistema plantio direto com 14 anos; $SPD_{12}$ M+B: Sistema plantio direto com 12 anos mais 4 anos de consórcio entre braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e milho nos cultivos de inverno; MN: Mata nativa; C-FLL: Carbono orgânico da fração leve-livre; C-FLI: Carbono orgânico da fração intra-agregado.

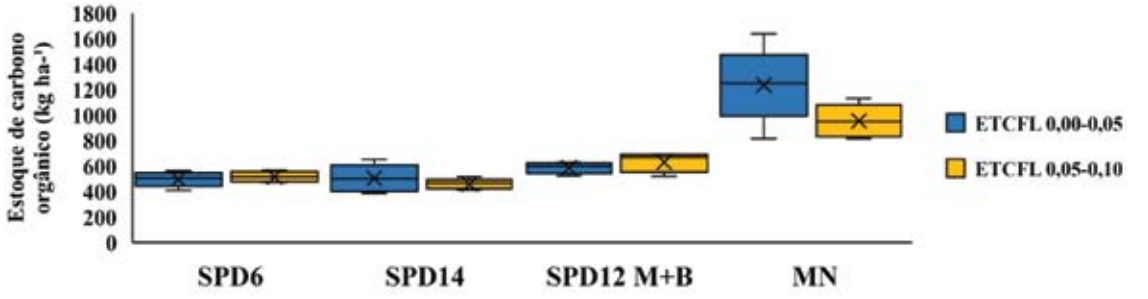



Figura 3. Estoque totais de carbono orgânico nas frações leves da MOS em diferentes sistemas de manejo e camadas, sob Latossolo Vermelho Eutroférrico típico na região Oeste no Paraná.

$SPD_6$: Sistema plantio direto com 6 anos; $SPD_{14}$: Sistema plantio direto com 14 anos; $SPD_{12}$ M+B: Sistema plantio direto com 12 anos mais 4 anos de consórcio entre braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e milho nos cultivos de inverno; MN: Mata nativa; C-FLL: Carbono orgânico da fração leve-livre; C-FLI: Carbono orgânico da fração intra-agregado.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Índices de Erosividade e a Perda de Solo na região da Depressão Central no RS

Liana Dambros[1]; Cláudia Alessandra Peixoto de Barros[2]; Elemar Antonino Cassol[3]; Luciana da Silva Corrêa Lima[4]; Carlos Eduardo Linhares Feitosa[5]; Ana Paula Levandoski[6]; Davi Elias Koefender[7]

[1]Graduanda em agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto AlegreRS, 91540-000, 00297627@ufrgs.br; [2]Professora Adjunta; Departamento de Solos – DS UFRGS; [3]Professor Titular; DS UFRGS; [4]Mestra em Ciência do Solo; Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – PPGCS UFRGS; [5]Doutorando em Ciência do Solo; PPGCS UFRGS; [6]Mestranda em Ciência do Solo; PPGCS UFRGS; [7]Graduando em agronomia; UFRGS.

## INTRODUÇÃO

A erosão do solo é considerada uma grande ameaça global de degradação (BORRELLI et al., 2020). Um dos fatores que influenciam a erosão é o clima, caracterizado pelas precipitações pluviais, como a intensidade de chuva, frequência, diâmetro da gota, energia cinética da gota de chuva (Ec), entre outros. A Ec, proveniente do impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo é capaz de desagregar as partículas, fazendo com que elas sejam transportadas através do escoamento superficial. Como resultado deste processo, tem-se problemas no seu local de origem e também fora dele. No local de origem há a diminuição do potencial produtivo do solo e aumento dos gastos com adubação química, podendo até excluir áreas do processo produtivo. Fora do local de origem, a erosão do solo causa problemas ambientais, em razão da deposição de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica em corpos d'água (MARIOTI et al., 2013).

Índices foram desenvolvidos para avaliar a capacidade das chuvas em causar erosão, sendo a erosividade das chuvas utilizado até hoje por sua capacidade de avaliar a desagregação do solo. A erosividade das chuvas pode ser calculada através do índice $EI_{30}$, descrito por Wischmeier & Smith, 1958). Wischmeier (1959) obteve uma boa correlação do $EI_{30}$ com a perda de solo em parcelas com revolvimento e pousio, e em clima temperado nos Estados Unidos. Assim, este fator é mundialmente reconhecido e utilizado (SCHICK, 2014). O $EI_{30}$ é calculado para cada chuva individual e erosiva, sendo o produto da energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos – $EI_{30}$.

Apesar de muitos estudos demonstrarem a boa correlação entre o índice de erosividade $EI_{30}$ com a perda de solo, alguns estudos brasileiros demonstram que o índice pode não ser o mais adequado dependendo da condição de uso e manejo do solo (MORAIS et al., 1988; DEDECEK, 1988). Stocking & Elwell (1973) encontraram que, para parcelas com vegetação, os índices $EI_5$ e $EI_{15}$ foram mais bem correlacionados com as perdas de solo do que o $EI_{30}$.

O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade do índice $EI_{30}$ em descrever as perdas de

solo para plantio convencional e direto, além da parcela padrão, a qual esse índice foi desenvolvido. Para atender esse objetivo: (i) foi utilizado uma série temporal de oito anos de dados de monitoramento contínuo; (ii) determinou-se os índices de erosividade ($EI_{30}$, $EI_{20}$ e $EI_{10}$) das chuvas naturais, e correlacionou-se com a perda de solo em diferentes manejos de solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

O presente trabalho foi realizado através de uma série histórica de dados de chuva e perda de solo, pertencente à um experimento localizado no município de Santa Maria, na Depressão Central do Rio Grande do Sul, Brasil. O experimento foi instalado em 1977 em um dos centros de pesquisa do atual Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), antiga FEPAGRO – Floresta (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), pertencente a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estiagem, com temperaturas médias anuais entre 10° e 22° C e precipitação média anual de 1578 mm, de acordo com dados de chuva diária de 1962 a 2012 cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

### Desenho experimental e obtenção dos dados

O experimento contava com cinco tratamentos, com duas repetições, totalizando dez parcelas experimentais de 22,0 x 3,5 m, com área de 77m$^2$ e declividade de 9%. As parcelas eram delimitadas por chapas galvanizadas e possuíam na extremidade inferior um sistema coletor de escoamento. O sistema coletor era composto por uma calha e dois tanques, onde o sedimento de fundo e o sedimento em suspensão eram coletados.

Para a quantificação da perda de solo, era realizada a amostragem de sedimentos. As amostras eram levadas ao laboratório, e o sedimento de fundo e o sedimento em suspensão eram quantificados (g) e utilizados na equação 1.

$$PS = \frac{\text{SSesc. superf x 10}}{\text{Aparcela}} \qquad (1)$$

Onde SSesc.superf. é o sedimento em suspensão + sedimento de fundo no volume total de escoamento superficial ou enxurrada (g), e a Aparcela é igual a 77 m$^2$.

Os dados de intensidade de chuva - I (mm h$^{-1}$) foram obtidos de um pluviógrafo localizado na área experimental. A intensidade da chuva é base para o cálculo dos índices de erosividade e necessária também para separar as chuvas individuais e classificá-las como erosivas ou não erosivas.

### Tratamentos

O tratamento 1 é caracterizado como sendo a parcela padrão da Equação Universal de Perdas de Solo, ou seja, solo descoberto em preparo convencional (PC). Já os tratamentos 2 e 3 também adotam o sistema PC como manejo, porém, nesses tratamentos tem-se o cultivo de espécies de inverno e espécies de verão. Nos tratamentos 4 e 5, o plantio direto (PD) foi adotado, utilizando as mesmas culturas de inverno e verão dos tratamentos em PC.

Assim, nos tratamentos 2 (PC) e 4 (PD) temos como culturas de inverno a aveia (*Avena sativa*), que foi substituída pelo tremoço (*Lupinus albus*) em 1980-1981 e este substituído pela ervilhaca (*Vicia sativa*) em 1985-1986. Como cultura de verão, o milho (*Zea mays*). Já nos tra-

tamentos 3 (PC) e 5 (PD), temos como culturas de inverno a cevada (*Hordeum vulgare*), e após a substituição em 1980-1981 por aveia (*Avena sativa*). Como cultura de verão, a soja (*Glycine max*). As substituições nas culturas de inverno se deram por problemas fitossanitários.

### Análise dos dados

O conjunto de dados utilizado vai de junho de 1978 a junho de 1986, utilizando assim uma série de dados de oito anos agrícolas, onde um ano agrícola considerado neste trabalho, tem seu início e fim no mês de junho. Um ano agrícola foi dividido em dois períodos, de inverno/primavera e de verão/outono. Em posse do conjunto de dados de intensidade de chuva, foi possível calcular a energia cinética (Ec) de cada chuva individual e erosiva conforme a equação (2) de Foster et al. (1981) para cada segmento de uma chuva, e os índices de erosividade ($EI_{30}$, $EI_{20}$, $EI_{10}$) conforme a equação (3).

$$E = 11{,}87 + 8{,}73\, LOG_{10} I \quad (2)$$

$$EI_{30,20,10} = I_{30,20,10} \times Ec \quad (3)$$

Onde E é a energia cinética expressa em J $m^{-2}$ $mm^{-1}$, $I$ é a intensidade da chuva para cada segmento em mm $h^{-1}$. $EI_{30}$, $EI_{20}$ e $EI_{10}$ são as erosividades expressas em MJ mm $ha^{-1}$ $h^{-1}$. E $I_{30}$, $I_{20}$ e $I_{10}$ são as intensidades máximas durante 30, 20 e 10 minutos respectivamente em mm $h^{-1}$.

Foram realizadas as análises de regressão simples entre as perdas de solo e os índices de erosividade, utilizando os dados correspondentes a cada período. Através dos resultados dessa regressão, foi possível analisar as melhores relações entre as duas variáveis baseado no $R^2$ na esfera do manejo do solo (PC e PD), e da cultura de verão (soja e milho).

O efeito do manejo do solo foi avaliado comparando os resultados dos tratamentos 2 e 4 (milho em PC e PD), assim como dos tratamentos 3 e 5 (soja em PC e PD), de forma a eliminar o efeito da cultura na análise dos resultados. Já o efeito da cultura foi avaliado comparando os resultados dos tratamentos 2 e 3 (milho e soja em PC), assim como dos tratamentos 4 e 5 (milho e soja em PD), eliminando dessa forma o efeito do preparo ou não preparo do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de perdas de solo anuais, referentes aos anos agrícolas de 1978-79 até 1985-86 e a cada tratamento podem ser observadas na **tabela 1**. Pode-se observar que a perda de solo é maior nos tratamentos onde a soja está inserida como cultura de verão, em comparação aos tratamentos onde a cultura do milho é cultivada no verão. É notória, dessa forma, a inferioridade da cultura da soja quanto ao controle da perda de solo. Ainda, quando as perdas de solo dos sistemas de plantio convencional (PC) são comparadas com a perda de solo dos sistemas de plantio direto (PD) fica evidente a importância do manejo adequado do solo, devido ao mínimo revolvimento e inserção de plantas de cobertura. O efeito positivo de maior resíduo na superfície do solo gerado pelo plantio direto é evidente no controle da perda de solo (LONDERO et al., 2018). Outras pesquisas demonstraram a pouca eficiência dos sistemas de preparo convencional no controle da perda de solo, sendo essa maior do que em sistemas de cultivo mínimo e plantio direto (SCHICK, 2014; MERTEN et al., 2015).

Tabela 1 - Perda de solo em t $ha^{-1}$ nos tratamentos: Parcela padrão (PP), milho em plantio convencional (PC), soja em plantio convencional (PC), milho em plantio direto (PD) e soja em plantio direto (PD).

| Média de perda de solo (t $ha^{-1}$) | PP | Milho | Soja | Milho | Soja |
|---|---|---|---|---|---|
| | PC | | | PD | |
| | **327,2** | **61,1** | **63,2** | **8,3** | **11,2** |

O índice $EI_{30}$ foi desenvolvido com base na parcela-padrão, por isso ele foi capaz de explicar as perdas de solo referentes a este tratamento (Figura 2A). Da mesma forma, os resultados indicaram que o índice de erosividade $EI_{30}$ é o que melhor explica a perda de solo nas parcelas de plantio convencional (figuras 2B e 2C). Enquanto o índice de erosividade $EI_{10}$ é o índice que melhor explica a perda de solo nos tratamentos de plantio direto (figuras 2B e 2C). Esses resultados apontam que muitos trabalhos podem ter considerado erroneamente o índice $EI_{30}$ como padrão, sendo o que melhor explica a perda de solo para toda e qualquer condição de uso e manejo do solo. Assim, em estudos que abrangem sistemas diferentes da parcela padrão e plantio convencional, se torna necessária uma avaliação prévia, para que não se estabeleçam relações precipitadas entre estes índices com outras variáveis.

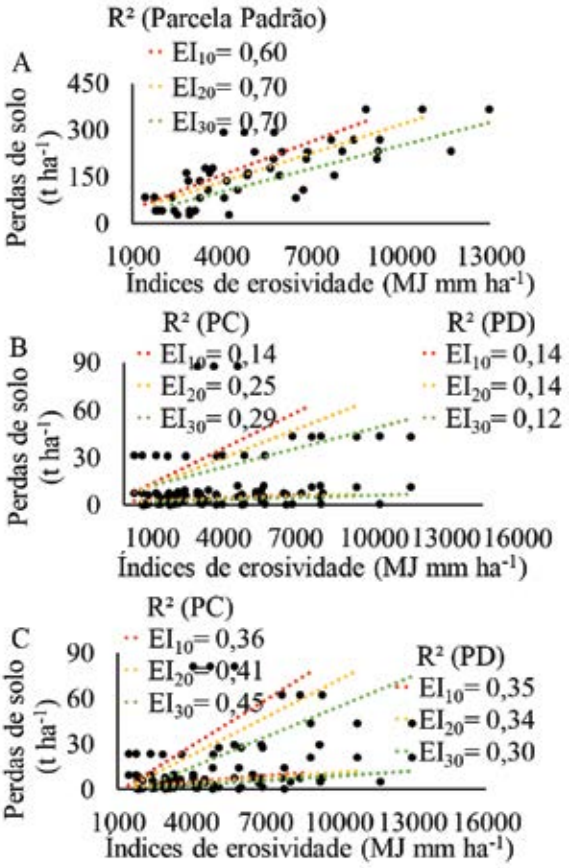



Figura 2: Influência dos índices de erosividade na perda de solo na parcela padrão (A) e em sistemas de plantio direto e plantio convencional, avaliados com a cultura do milho (B) e cultura da soja (C).

Analisando o efeito das culturas na relação entre os índices de erosividade com a perda de solo, se observa que nos tratamentos em que a soja estava inserida no sistema como cultura de verão (Figura 2C), os índices de erosividade se relacionam melhor com a perda de solo em comparação com os tratamentos onde o milho se inseria como cultura de verão (Figura 2B). Esse resultado foi encontrado tanto nas parcelas de plantio direto quanto de plantio convencional. Através disso, pode-se inferir que o efeito erosivo da chuva tem maior impacto na perda de solo quando a cultura da soja está no plano de rotação de culturas, em comparação a cultura

do milho. Nos resultados encontrados por MARIOTI et al. (2013), as perdas de solo na cultura do milho foram 76% menores do que na da soja.

Apesar de a copa das plantas ser diferente nas culturas de milho e de soja, a cobertura que estas proporcionam ao solo, não é mais eficaz no controle da erosão hídrica do que pelos resíduos culturais (Wischmeier & Smith, 1978). Assim, tem extrema importância os resíduos das culturas de inverno que protegem a superfície do solo contra a ação erosiva da chuva. Contudo, a maior perda de solo nos tratamentos onde a soja está inserida pode ser explicada pela baixa relação C/N do seu material vegetal. Há uma taxa inicial alta de diminuição de matéria seca, que é atribuída a facilidade de decomposição microbiana, mesmo quando os resíduos culturais permanecem na superfície do solo (PADOVAN et al., 2006). Isso acaba comprometendo a cobertura do solo, em um período curto de tempo.

## CONCLUSÕES

O índice de erosividade $EI_{10}$ é o índice que melhor explica a perda de solo nos tratamentos em PD, enquanto o índice $EI_{30}$ é o que melhor explica a perda de solo nas parcelas em PC.

A cultura da soja (*Glycine max*) é menos eficiente no controle na perda de solo do que a cultura do milho (*Zea mays*).

## REFERÊNCIAS

Borrelli P, Robinson DA, Panagos P, Lugato E, Yang JE, Alewell C, Wuepper D, Montanarella L, Ballabio C. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). Proc Natl Acad Sci U S A. 2020:1-8. https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117

Dedecek RA. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. Pesqui Agropecu Bras. 1988; 23: 1431-1438.

Foster GR, McCool DK, Renard KG, Moldenhauer WC. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J Soil Water Conserv. 1981;36:355-9.

Londero AL, Minella JPG, Deuschle D, Schneider FJA, Boeni M, Merten GH. Impact of broad-based terraces on water and sediment losses in no-till (paired zero-order) catchments in southern Brazil. J Soils Sediments. 2018;18:1159-75. https://doi.org/10.1007/s11368-017-1894-y

Marioti J, Bertol I, Ramos JC, Werner R de S, Padilha J, Bandeira DH. Erosão hídrica em semeadura direta de milho e soja nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo e descoberto. Rev Bras Cienc Do Solo. 2013;37:1361-71. https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500025

Morais LFB, Mutti LSM, Eltz FLF. Relações entre características físicas da chuva e perdas de solo no Rio Grande do Sul. Rev Bras Cienc Solo. 1988; 12:285-288.

Merten GH, Araújo AG, Biscaia RCM, Barbosa GMC, Conte O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. Soil Tillage Res. 2015;152:85-93. https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014

Padovan MP, De Almeida DL, Marinho Guerra JG, Duarte Ribeiro RDL, De Oliveira FL, Santos LA, Rodrigues Alves BJ, Souto SM. Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. Pesqui Agropecu Bras. 2006;41:667-72. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400018

Schick J. Fatores R e K da USLE e perdas de solo e água em sistemas de manejo sobre um Cambissolo Húmico em Lages, SC [tese]. Lages: Uni-

versidade do Estado de Santa Catarina; 2014.

Stocking MA, Elwell HA. 1973. Prediction of subtropical storm soil losses from field plot studies. Agr Meteorol. 1973; 12: 193-201.

Wischmeier WH. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation. Soil Sci Soc Am J. 1959;23:246-9. https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x

Wischmeier WH, Smith DD. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington USDA: Agricultural Handbook; 1978.

Wischmeier WH, Smith DD. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Eos, Trans Am Geophys Union. 1958;39:285-91. https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Influência de Diferentes Usos do Solo no Deflúvio de Pequenas Bacias Hidrográficas

Edberto Moura Lima[1]; Éricklis Edson Boito de Souza[1]; Elenice Broetto Weiler[1]; José Miguel Reichert[2]; José Carlos de Deus Júnior[3]

[1] Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, 97105-900. edberto.moura@gmail.com, ericklisboito@gmail.com, elenicebroettoweiler@gmail.com; [2] Professor do Departamento de Solos. Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, 97105-900; [3] Analista de Hidrologia Florestal. CMPC Celulose Riograndense, Rua São Geraldo, 1680, Bairro Ermo, Guaíba/RS, 92500-000.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento e desenvolvimento populacional aumentou a demanda por produtos de origem florestal. Dessa forma, as florestas naturais suprem essa necessidade. Porém, com a evolução da tecnologia do setor florestal, o abastecimento de produtos florestais é realizado por meio de florestas plantadas e certificadas ambientalmente.

Entretanto, a implantação de monoculturas florestais em áreas com vegetação escassa modifica parâmetros hidrológicos, tais como a infiltração e descarga fluvial, entre outros. Em regiões com baixo abastecimento natural de água, mudanças não planejadas na paisagem tem potencial para aumentar o consumo de água e promover conflitos relacionados ao uso da água (REICHERT et al., 2017).

Ainda que as informações sobre a hidrologia florestal sejam amplas, o conhecimento sobre a mudança florestal na hidrologia é pouco estudado em grande parte do mundo. Assim, torna-se necessário conduzir estudos geográficos e de longo prazo com base no monitoramento de florestas e água (JONES et al., 2020). Para Stewart (2015), o planejamento, a utilização e a conservação de recursos hídricos depende desse monitoramento.

Mota et al. (2017) afirmam que a variação espaço-temporal da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos relaciona-se fortemente com fatores climatológicos e pedológicos, cobertura e manejo do solo, entre outros. Além disso, a má gestão do uso do solo e atividades antrópicas tornaram-se grandes preocupações nos últimos anos por diminuir a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2019).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar a influência no deflúvio de duas bacias hidrográficas para diferentes usos do solo, por meio da análise da mudança na média anual, mediana anual, máximo anual e vazão mínimas anuais de sete dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização da área de estudo

O local de estudo está situado no município de São Gabriel, na região da Campanha Cen-

tral do Estado do Rio Grande do Sul, na latitude 30º19'50" S e longitude 54º19'31 W. Localizado em altitude média de 114 metros em relação ao nível do mar, com área de 5.019,6 km² e 60.425 habitantes (IBGE, 2010). O clima da região é caracterizado como subtropical, com verão quente, do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen; além disso, a temperatura média anual é de 18,6 ºC e a precipitação média é de 1.356 mm (MORENO, 1961; ALVARES et al., 2013).

A bacia hidrográfica (BH) estudada com cultivo de Eucalipto (BE) pertence à empresa Celulose Riograndense (CMPC). Houve um corte parcial de 100% da área de Eucalipto e, posteriormente, a condução de um novo plantio. A segunda BH é de propriedade particular, com predomínio de campo natural degradado e pastagem (BC) para atividades de pecuária. As BHs estão localizadas entre as Coordenadas Geográficas 30º30'30" S e 54º10'40" W, 30º31'30" S e 54º8'0" W (Figura 1).

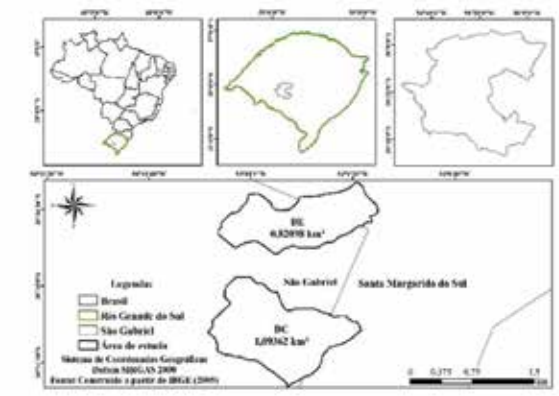



Figura 1. Localização da área de estudo.

Determinação da vazão e precipitação

As vazões nas duas BHs foram determinadas por meio de estações medidoras automatizadas, instaladas no exutório, sendo compostos por calhas e equipadas com sensores automáticos que registram o nível de água, conforme descrito por Reichert et al. (2017). Estes sensores, segundo os autores, estão localizados próximos às calhas e são programados para coletar as informações com intervalo de tempo de 10 minutos.

As análises do histórico de vazões para o período de 2012 a 2019 foram realizadas utilizando o método de suavização de séries temporais proposto por Mullaney et al. (2016) e Hirsch e De Cicco (2015). As estatísticas de fluxo vazão: média e mediana da Vazão média anual; e vazão máxima e mínima anuais de sete dias foram estimadas com auxílio do pacote *EGRET* dentro do ambiente R. A significância estatística do valor anual das quatro estatísticas de fluxo fora avaliada com base no teste de Mann-Kendall (HELSEL; HIRSCH; 2002).

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do Portal Hidroweb, da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA). A coleta de dados ocorreu da estação operada pela CPRM, código 3054020, nome RS-473, situada próxima da área estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação são ilustrados pela figura 2. Desta forma, é possível visualizar eventos pluviométricos extremos, nos anos de 2014 e 2015, podendo relacionar com o acréscimo nos valores do deflúvio.

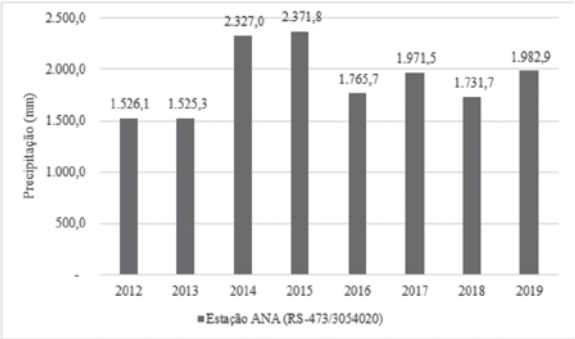



Figura 2. Precipitação para o período de estudo.

Métodos de suavização de série temporal foram utilizados para produzir estatísticas de fluxo nas estações que tinham registros de longo

prazo de vazão (Figura 3 e 4). Dados de 2012 a 2019 foram analisados para o deflúvio da BE e BC. Embora não tenhamos identificado mudanças significativas ($p$ value < 0,05) nos fluxos de vazão em ambas bacias, o comportamento das curvas difere quanto ao tipo de manejo.

Na BE há uma tendência de aumento em todas as variáveis estudadas, enquanto para BC observamos uma tendência de aumento somente para a mediana e média, com inclinação de 3.6 e 14% respectivamente. Essas estatísticas provavelmente reflete a condição do tipo de uso do solo, Lanza (2015) destaca que há mais de duas décadas a BC é destinada à pecuária extensiva com pastejo, ocorrendo o pisoteio animal, resultando na degradação das pastagens e a exposição dos solos aos agentes erosivos. Isso explicaria os valores superiores na BC em relação a BE.

Na figura 3D é possível notar que, em 2014, ocorreu um aumento da média diária da vazão na BE, devido ao corte raso de 100% das árvores. Esse acréscimo na vazão está relacionando com a interceptação pela copa. Desta forma, há um aumento no escoamento superficial e decréscimo na capacidade de infiltração do solo.

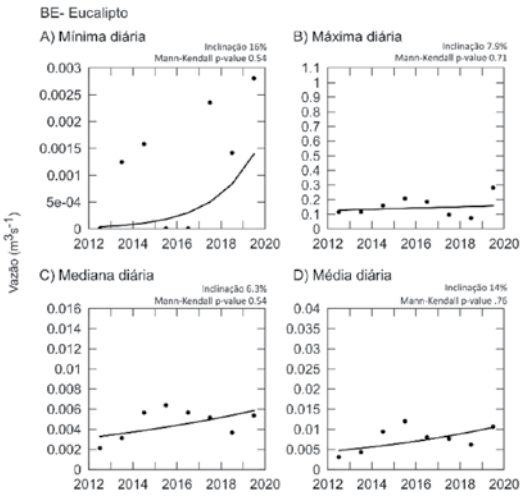



Figura 3. Estatísticas de fluxo vazão anual (pontos) da média e mediana da vazão média diária; e vazão máxima e mínima anuais de sete dias e linha de tendência ponderada (linha sólida) para BE, de 2012 a 2019.

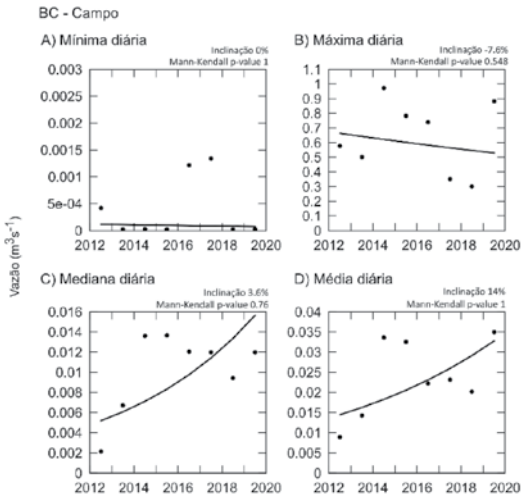



Figura 4. Estatísticas de fluxo vazão anual (pontos) da média e mediana da vazão média diária; e vazão máxima e mínima anuais de sete dias e linha de tendência ponderada (linha sólida) para BC, de 2012 a 2019.

O manejo do solo influencia diretamente na vazão e está correlacionado com a precipitação. O acréscimo dos valores de precipitação resultou em um maior deflúvio para ambas bacias nos anos de 2014 e 2015 (Figura 5). No entanto, após o estabelecimento e desenvolvimento inicial do plantio de eucalipto em 2014 têm-se uma redução no deflúvio. Reichert et al. (2017) afirmam que o povoamento de eucalipto promove maior capacidade de interceptação da chuva, infiltração de água no solo e maior potencial para amortecimento de inundações, enquanto a bacia de campo tem maior potencial para escoamento superficial e erosivo.

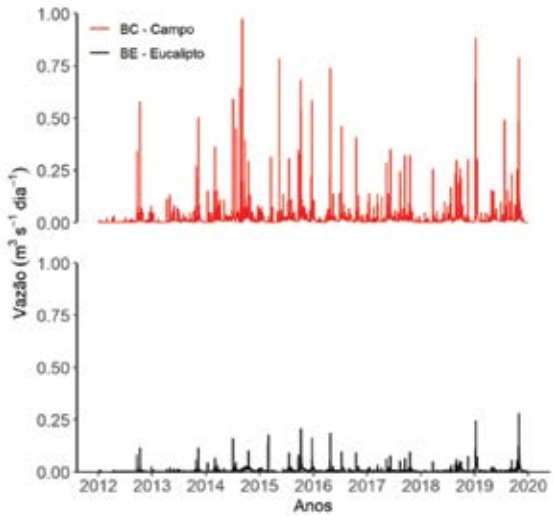



**Figura 5.** Deflúvio da bacia de campo e eucalipto para o período entre 2012 e 2019.

Baumhardt (2014) menciona que bacias com florestas de eucalipto permitem maior regularização do regime hidrológico em relação a bacias de campo. Assim, o mesmo autor afirma que, pode ocorrer uma diminuição dos picos de vazão durante eventos pluviométricos, que, por sua vez, reduz a erosão em taludes e mantém a qualidade da água.

Fica evidenciado neste estudo que diferentes manejos podem alterar o deflúvio de pequenas bacias hidrográficas. Bacias florestadas permitem a redução de processos erosivos, por meio da interceptação pela copa das árvores. Para Tsiko et al. (2012), esse processo de interceptação vai além, influenciando nas etapas do ciclo hidrológico, como infiltração, armazenamento, escoamento subsuperficial, manutenção da umidade do solo e geração de cheia.

## CONCLUSÕES

Embora as linhas de tendência não tenham sido significativas, a análise gráfica das estatísticas do fluxo permite inferir sobre processos importantes da bacia hidrográfica, principalmente o deflúvio. Com base nos resultados, podemos identificar as mudanças ou falta delas no fluxo de vazão ao longo do tempo. Para este estudo, ficou clara a diferença entre o uso com campos e plantios florestais quanto às vazões ao longo do ano, em que a bacia de campo apresenta valores de vazão superiores em relação à bacia florestada.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, de Moraes Gonçalves JL, Gerd S. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 2013;22: 711–728. doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

Baumhardt E. Hidrologia de bacia de cabeceira com eucaliptocultura e campo nativo na região da campanha gaúcha [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.

Helsel DR, Hirsch RM. Statistical methods in water resources, Chapter A3. Techniques of Water Resources Investigations, Book 4. Virginia: U.S. Geological Survey; 2002.

Hirsch RM, De Cicco L. User guide to Exploration and Graphics for RivEr Trends (EGRET) and dataRetrieval: R packages for hydrologic data. Virginia: U.S. Geological Survey; 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo Demográfico 2010. [Acessado em: 23 mar. 2020]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/saogabriel/panorama

Jones JA, Wei X, Archer E, Bishop K, Blanco JA, Ellison D, Gush MB, McNulty SG, Noordwijk M, Creed IF. Forest-Water Interactions Under Global

Change In: Levia DF, Carlyle-Moses DE, Iida S, Michalzik B, Nanko K, Tischer A, editores. Forest--Water Interactions. vol 240. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 589 –624.

Lanza R. Hidrologia comparativa e perda de solo e água em bacias hidrográficas cultivadas com eucalipto e campo nativo com pastagem manejada [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2015.

Mota AA, Grison F, Giglio JN, Kobiyama M. Instalação de uma pequena bacia experimental florestal: estudo de caso da bacia do Rio Araponga. Eng Sanit Ambient, 2017;22:73-80. doi.org/10.1590/S1413-41522016154610

Moreno JA. Clima do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, 1961;11:49-83.

Mullaney JR. Nutrient, organic carbon, and chloride concentrations and loads in selected Long Island Sound tributaries: Four decades of change following the passage of the federal clean water act. Virginia: U.S. Geological Survey; 2016.

Reichert JM, Rodrigues MF, Peláez JJZ, Lanza R, Minella JPG, Arnold JG, Cavalcante RBL. Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. Agricultural and Forest Meteorology, 2017;237-238:282-295. doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.02.014

Santos GO, Ribeiro RL, Parreira TP, da Silva DF, Silva KA, Azeredo CF. Monitoramento da água em bacia hidrográfica com diferentes usos do solo no município de Rio Verde (GO). Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 2019;12:249-271. doi.org/10.17765/21769168.2019v12n1p249-271

Stewart B. Measuring what we manage: the importance of hydrological data to water resources management. In: Anais da International Association of Hydrological Sciences; 2014; Paris, France; 2015. 366:80-85.

Tsiko CT, Makurira H, Gerrits AMJ, Savenije HHG. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. Physucs and Chemistry of the Earth, 2012;47:122-127. doi.org/10.1016/j.pce.2011.06.009

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Matéria Orgânica do Solo Como Indicador de Qualidade do Solo em Bacia Hidrográfica Rural

Matheus Leite Vasconcellos[1]; Vinícius Machado Mombach[2]; Eliana Aparecida Cadoná[3]; Ana Paula Knapp[4]; Lizete Stumpf[5] Pablo Miguel[6].

[1]Estudante de graduação, Universidade Federal de Pelotas, Rua Gomes Carneiro, 1, Pelotas-RS, 96010-610, matheusvasconcellos703@gmail.com; [2]Estudante de graduação, Universidade Federal de Pelotas; [3]Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação MACSA, Universidade Federal de Pelotas; [4]Estudante de graduação, Universidade Federal de Pelotas; [5] Professor adjunto, Universidade Federal de Pelotas; [6]Professor adjunto, Universidade Federal de Pelotas.

## INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) representa componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos (BENITES et al., 2003). Alguns estudos da MOS através da extração e fracionamento de substâncias húmicas têm sido realizados para o melhor entendimento de diversos fatores, como, impacto da agricultura na qualidade do solo (LOSS et al., 2010; SANTOS et al., 2017).

A MOS é heterogênea e consiste de diferentes frações funcionais e biológicas variando dinâmica e quimicamente. Essas frações respondem de forma diferenciada ao manejo do solo e as mudanças no uso da terra e podem ser classificadas em lábeis e estáveis (KELLEHER et al., 2006). Dentro da MOS o carbono (C) está diretamente ligado ao estoque de matéria orgânica que é constituída por frações com diferentes graus de estabilização no ambiente, sendo os principais: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (Hum.) (GAZOLLA et al., 2015).

A fração estável ou humificada, que representa cerca de $^{2}/_{3}$ do C orgânico em áreas tropicais, tem um tempo de permanência no solo que pode chegar a centenas de anos e sua principal função é atuar sobre as condições físicas e químicas do solo além de ser importante dreno de C atmosférico (STEVENSON, 1994; FIGUEIREDO et al., 2010). Dessa forma, os sistemas de manejo, devem priorizar um maior acúmulo de MOS no solo, um exemplo disso, é a implantação e a manutenção do Sistema de Plantio Direto (SPD).

As frações estáveis ou substâncias húmicas são constituintes da matéria orgânica dos solos que podem melhorar as propriedades do solo e o metabolismo vegetal. Os ácidos húmicos e fúlvicos são os compostos mais importantes das frações húmicas, com relação à reatividade e ocorrência nos ecossistemas (CARON et al., 2015). Dessa forma, a sua quantificação e qualificação pode indicar o quanto o manejo do solo pode estar auxiliando a estabilizar a MOS e a prestação de serviços ambientais, como a complexação de metais pesados no solo.

O objetivo do trabalho foi determinar a quantidade e qualidade dos ácidos fúlvicos e húmicos de amostras de solo na profundidade de 0,0 – 0,20m em uma bacia hidrográfica rural do município de Pelotas-RS, no Sul do Estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Epaminondas (BHE), no município de Pelotas/RS. A BHE contribui com aproximadamente 70% da área de drenagem da Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara, a qual por sua vez abastece 60% da população urbana de Pelotas. A BHE possui área de 33,3 km², contando com áreas de lavouras anuais, horticultura, reflorestamento com eucalipto e pinus, e áreas com campo nativo com pouco ou nenhum manejo do solo e pastagens, onde são utilizados para bovinocultura de corte.

Para o desenvolvimento do estudo, procedeu-se de coletas de solo na camada de 0,0 - 0,20 m observando dois manejos do solo, sendo áreas de lavoura e áreas de campo sujo, nas quais, as áreas de lavoura são caracterizadas como áreas com lavouras anuais de grãos e/ou horticultura, que recebem manejo e adubações e áreas de campo sujo caracterizadas como áreas heterogêneas de plantação de eucalipto com áreas de campo nativo utilizadas para bovinocultura de corte. Além disso, as coletas foram especializadas em cinco locais diferentes na BHE.

A quantificação das frações ácido fúlvico e húmico nas amostras de solo, foram realizadas conforme metodologia descrita em (BENITES et al., 2003), onde utilizou-se o extrator NaOH 0,1 mol $L^{-1}$ para a separação das frações ácido fúlvico + ácido húmico, da fração humina do solo. A qualificação das frações estáveis da MOS no solo, foi desenvolvida pela relação Ácido Húmico/Ácido Fúlvico conforme descrito em (CUNHA et al., 2005).

Para inferir se os diferentes manejos avaliados apresentam diferenças na quantificação e qualificação das frações ácido fúlvico e ácido húmico, comparou-se as médias através do teste Tukey, com erro médio padrão de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantificação das frações Ácido Fúlvico e Ácido Húmico, nas cinco áreas da bacia hidrográfica do Epaminondas (BHE), com os seus dois usos, são apresentados na tabela 1.

De acordo com os dados não houve diferenças significativas na quantificação dos teores de Ácido Húmico e Ácido Fúlvico nos solos da BHE, independente da área de coleta ou uso desenvolvido. Esperava-se que em áreas de lavoura poderiam ocorrer maiores quantificações das frações Ácido Fúlvico e Ácido Húmico, devido ao indicativo que o Sistema de Plantio Direto (SPD) proporciona maior acúmulo de Matéria Orgânica do Solo (MOS) (MELO et al., 2016), que permite maior atividade biológica, que é a responsável pela mineralização dos resíduos orgânicos (GAZOLLA et al., 2015).

**Tabela 1.** Teores médios em mg $kg^{-1}$, de AH e AF em dois usos do solo nas áreas de estudo da BHE.

| Área | AH | AF | Área | AH | AF |
|---|---|---|---|---|---|
| | Campo sujo | | | Lavoura | |
| | mg $kg^{-1}$ | | | | |
| 1 | 7,33 | 3,47 | 1 | 8,68 | 5,68 |
| 2 | 6,91 | 2,96 | 2 | 6,93 | 4,39 |
| 3 | 4,36 | 6,27 | 3 | 4,97 | 4,75 |
| 4 | 5,18 | 3,97 | 4 | 6,85 | 6,12 |
| 5 | 7,79 | 5,57 | 5 | 3,64 | 1,92 |
| CV, % | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |

A qualificação das frações da MOS é apresentada na tabela 2. Observa-se que conforme descrito em (CUNHA et al., 2005), comumente encontra-se valores acima de 1 para a indicação

de que a MOS é proveniente das frações estáveis da mesma, ou seja, que a MOS quantificada no solo não foi recentemente depositada ao solo através de resíduos orgânicos.

Tabela 2. Índice de qualificação da MO – AH/AF para os pontos de coleta na BHE.

| Área | Uso | |
|---|---|---|
| | Campo | Lavoura |
| 1 | 6,10 a | 1,57 a |
| 2 | 4,46 a | 3,54 a |
| 3 | 1,30 a | 1,39 a |
| 4 | 1,55 a | 1,57 a |
| 5 | 1,95 a | 1,47 a |
| CV, % | 0,00 | 0,00 |

*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A qualificação da MOS para as áreas de lavoura e de campo sujo, nas diferentes áreas, indicam que o manejo adotado nas áreas de estudo vem mantendo os teores de MOS indicando que a adição de resíduos orgânicos ao solo tem contribuindo para a manutenção das atividades biológicas do solo (MAIA e VARGAS, 2015).

No entanto, a ausência de diferenças estatísticas nas áreas de estudo, indica que o aporte de resíduos vegetais em área de lavoura não tem sido suficiente para ocasionar alterações nos valores das frações

Ácido Fúlvio e Ácido Húmico, e consequentemente na MOS, devido que a aplicação das técnicas do SPD promove valores crescentes de MOS no decorrer da estabilização do sistema.

Para as áreas de campo sujo, não eram esperados valores superiores as áreas de lavoura, pois a ausência de manejo do solo, sem adição constante de resíduos, promove a manutenção da MOS estabilizada.

## CONCLUSÕES

Tanto a quantificação e a qualificação das frações humificadas indicaram que a MOS é proveniente das frações mais estáveis no solo. No entanto, até o momento as frações estudadas não apresentaram diferenças estatísticas, com relação ao manejo do solo na área estudada. Ao Departamento de solos, pelo auxílio financeiro e estrutural e ao projeto "Pagamento por Serviços Ambientais" pela cooperação na área de estudo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Departamento de solos, pelo auxílio financeiro e estrutural e ao projeto "Pagamento por Serviços Ambientais" pela cooperação na área de estudo.

## REFERÊNCIAS

BENITES, V.M., MADARI, B., MACHADO, P.L.O.A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Comunicado Técnico 16, Embrapa, 2003, Solos, Rio de Janeiro, 7 p.

CARON, V. C.; GRACAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. E. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015 (Boletim Série Produtor Rural).

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L.P.; SANTOS, G. de A.; RIBEIRO, L.P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L.P. & SANTOS, G. A. (Org.) Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, pp.54-81, 2005.

FIGUEIREDO, C. C.; I; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo v.34, p.907-916, 2010.

GAZOLLA PR, GUARESCHI RF, PERIN A, PEREIRA MG, ROSSI CQ. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. Semina: Ci. Agrár., 2015, vol. 36, n 2.

KELLEHER, B. P.; SIMPSON, M. J.; SIMPSON, A. J. Assessing the fate and transformation of plant residues in the terrestrial environment using HR-MAS NMR spectroscopy. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.7, p.4080-4094, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; DA SILVA, E.M.R. Quantificação do Carbono das Substâncias Húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. Bragantia, v.69, n.4, p. 913-922, 2010.

MAIA, C. M. B. de F. & VARGAS, L M P. Matéria Orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: Parron, L.M.; Oliveira, E.B.; Brown, G.G.; Prado, R.B. (Org.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica. 1ed.Brasília: Embrapa, 2015, v. 1, p. 91-98.

MELO, G. B.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; GUARESCHI, R. F.; SOARES, P. F. C. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, p. 1511-1519, 2016.

SANTOS, S.; ANDRÉ, F.; PIERANGELI, P.; APARECIDA, M.; SILVA, F. L.; SERAFIM, M. E.; SOUZA, J. B.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em campos de murundus. Scientia Agrária, v.18, núm 2, abril-junio, 2017,pp. 43-53. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. New York: Willey & Sons Inc., 1994. 496p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Matéria Orgânica do Solo Sob Vegetação de Cerrado na Bacia Sedimentar do Araripe, Ceará

Wanderson Farias da Silva Junior[1]; Carlos Roberto Pinheiro Junior[2]; Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto[2]; Marcos Gervasio Pereira[3]; Lúcia Helena Cunha dos Anjos[3]

[1] Discente do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; BR-465 km 7, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, UFRRJ, Seropédica-RJ, CEP: 23890-000; wandersonruralufrrj@gmail.com; [2] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); [3] Professor Titular; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## INTRODUÇÃO

O Ceará possui como clima característico o semiárido (SUDENE, 2017) e como vegetação predominante a Caatinga, que cobre cerca de 88% de todo estado (PAULINO, 2018). Essas condições de vegetação e clima, por sua vez, contribuem para a ocorrência de baixos teores de matéria orgânica no solo (MOS), pois propiciam um ambiente favorável para a decomposição da MOS, tendo como consequência um balanço negativo entre a adição e a perda de matéria orgânica.

Apesar do predomínio dessas condições ambientais, a Bacia Sedimentar do Araripe, localizada no sul do estado Ceará se destaca pela grande diversidade geomorfológica, litológica, climática e da vegetação. As condições de clima variam de semiárido (BSh', segundo Köppen) nas partes mais baixas, tropical chuvoso de monção (Amw') nas escarpas erosivas da chapada e tropical chuvoso (Aw') nas partes mais altas (FUNCEME, 2012). O clima por sua vez, determinou o padrão de distribuição da vegetação, sendo observadas fitofisionomias do tipo Caatinga hipoxerófila, Cerrado e Mata Atlântica.

Nas escarpas da chapada onde as cotas variam de 500 a 800m, a litologia é composta por calcários da Formação Santana, com predomínio de clima tropical chuvoso, porém com longo período seco e vegetação típica de Cerrado (FUNCEME, 2012). Apesar do clima e vegetação contribuírem para um baixo aporte de resíduos vegetais na superfície, são observados solos com horizontes superficiais espessos, com cores muito escuras e elevados teores de carbono orgânico total.

Nesse sentindo, o objetivo deste estudo é compreender quais os fatores propiciaram a formação de solos com horizontes superficiais com alto teor de carbono orgânico em uma região de clima e vegetação desfavoráveis ao seu acúmulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na porção cearense da Bacia Sedimentar do Araripe na mesorregião sul do estado do Ceará, sendo esta considerada a

maior bacia sedimentar do interior do Nordeste (ASSINE, 2007). Foi selecionada uma topossequência da Formação Santana, essa situa-se nas escarpas erosivas da chapada com cotas variando de 500 a 800 m onde são verificados os calcários e folhelhos e evaporitos carbonáticos (BRANDÃO, 2014).

Após a seleção das topossequências, foi realizada a descrição morfológica de acordo com (SANTOS et al., 2015), seguida da coleta de amostras deformadas. Posteriormente as amostras foram transportadas para laboratório, secas ao ar, destorroadas e peneiradas (2 mm) para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA). Foram realizadas a análise granulométrica e a caracterização da fertilidade (TEIXEIRA et al., 2017), carbono orgânico total (COT) (YEOMANS &

BRENMER, 1988) e o fracionamento químico da matéria orgânica do solo, obtendo as substâncias húmicas (SHs), ácidos fúlvicos (FAF), húmicos (FAH) e humina (HUM) (BENITES et al., 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de COT variaram entre 34,2 a 13,2 g $kg^{-1}$, sendo que em 5 dos 8 horizontes superficiais, foram verificados valores superiores a 24 g $kg^{-1}$ (Tabela 1). Considerando-se as condições de clima e vegetação da área de estudo os valores podem ser considerados elevados. Os horizontes superficiais possuem textura argilosa (Tabela 1), o que influência diretamente na formação de agregados por favorecer a aproximação das partículas do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011), propiciando uma maior proteção e consequentemente maior acúmulo de carbono no solo.

O tipo de estrutura do solo encontrada na maior parte dos horizontes foi classificada quanto a forma como blocos (Tabela 2), e o grau de desenvolvimento foi predominante forte (Tabela 2), sendo essas características influenciadas pelo maior teor de argila (BRADY & WEIL, 2013).

A matéria orgânica por sua vez, exerce uma função no processo de formação e estabilização dos agregados, por atuar como agente cimentante dessas partículas (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011), fato que também que explica a forte agregação encontrada (Tabela 1). Como consequência, a MOS se torna protegida fisicamente por oclusão (TOMAZI, 2008) Essa proteção pode ser uma possível explicação para os valores mais elevados de COT nas condições de estudo, já que estas não são favoráveis ao seu acúmulo.

Quanto ao fracionamento químico das SHs, observa-se um predomínio da HUM em detrimento das FAF e FAH, o que indica um avançado estágio de humificação da MOS (NASCIMENTO et al., 2010). A fração HUM apresenta uma grande estabilidade (FONTANA et al., 2006), sendo resistente à biodegradação devido à complexação com íons metálicos ou pela formação de compostos argilo-húmicos estáveis (BARRETO et al., 2008).

Adicionalmente, os elevados teores de Ca (Tabela 1), favorecem a formação de humatos de cálcio que por sua vez conferem maior recalcitrância a matéria orgânica do solo (DUCHAUFOUR, 1982).

## CONCLUSÕES

A textura argilosa dos horizontes superficiais da Formação Santana foi a principal responsável pelo acúmulo de carbono por interação organomineral e proteção física, e também permitiu o desenvolvimento de uma estrutura com forte de agregação;

Os altos teores de HUM indicam que matéria orgânica se encontra em avançado estágio de humificação.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (PIBIc/UFRRJ). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Finaciamento 001.

## REFERÊNCIAS

Assine, M. L. Bacia do Araripe. Boletim de Geociências da Petrobrás. 2007; v. 15, n. 2.

Barreto AC, Freire MBGS, Nacif, PGS, Araújo, QR, Freire FJ, Inácio, ESB. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008; v.32, p.1471-1478.

Benites VM. et al. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2003; 7p.

Brady, N.C., Weil, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. Tradução técnica: Igo Fernando

Brandão R.L, Freitas L.C.B. Geodiversidade do estado do Ceará. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza – CE. 2014; 214 p.

Duchaufour P. Pedology: Pedogenesis and classification. London, G. Allen & Unwin. 1982; 187p.

Fontana A, Pereira MG, Loss A, Cunha TJF, Salton JC. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2006; v.41, p.847-853.

Funceme - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos– Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos: Mesorregião do Sul Cearense. 2012, 280p.

Paulino, N. Diário do Nordeste, junho/2018. [Acessado em 20 de junho de 2018]. Disponível em: < https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/caatinga-cobre-88-do-ceara-mas-carece-de-preservacao1.1957532>.

Santos R.D, Lemos R.C, Santos H.G, Ker J.C, Anjos L.H.C, Shimizu S.H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7ª ed. revisada e ampliada, Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2015, 100p.

Sudene, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Semiárido, novembro/2017. [Acessado em: 24 de agosto de 2020]. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-dosemiarido>.

Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2017; 3. ed. rev. 573p.

Tomazi, M. Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do Cerrado sob sistemas de uso e manejo. 2008. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Vezzani, FM, Mielniczuk, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. Revista Braileira.de Ciência do Solo [online]. 2011; vol.35, n.1, pp.213-223.

Yoemans JC, Bremner JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Soil Science and Plant Analysis. 1988; v.19, p.1467-1476.

**Tabela 1.** Carbono orgânico total, fracionamento químico da matéria orgânica, classe textural, estrutura e teor de cálcio de horizontes superficiais de solos de uma topossequência da Formação Santana.

| Horizonte | COT | HUM | FAF | FAH | SH | Classe Textural | Ca |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ---------- g.kg$^{-1}$ ---------- | | | | | | |
| | | | | Perfil 5 | | | |
| A | 34,2 | 29,7 | 1,0 | 0,6 | 91,4 | Argila | 39,7 |
| | | | | Perfil 6 | | | |
| A | 30,6 | 28,6 | 1,2 | 0,9 | 100,4 | Argila | 44,5 |
| AB | 15,3 | 12,8 | 0,3 | 0,5 | 88,6 | Muito argilosa | 46,5 |
| | | | | Perfil 7 | | | |
| A1 | 34,0 | 29,2 | 1,4 | 1,0 | 92,7 | Argila | 43,1 |
| A2 | 24,5 | 22,7 | 1,2 | 0,7 | 100,7 | Muito argilosa | 46,1 |
| AB | 26,4 | 25,7 | 0,6 | 0,2 | 100,6 | Muito argilosa | 45,3 |
| | | | | Perfil 8 | | | |
| A | 13,2 | 12,5 | 0,5 | 0,4 | 100,8 | Argila | 31,2 |
| AB | 13,8 | 10,6 | 0,5 | 0,3 | 82,9 | Franco argilosa | 30,8 |

Legenda: COT = carbono orgânico total; HUM = humina; FAF = fração ácido fúlvico; FAH = fração ácido húmico; SH = substâncias húmicas; Estrutura : fo = forte ; mo = moderada; Ca = cálcio.

**Tabela 2.** Tipo e grau de desenvolvimento de estrutura de horizontes superficiais de solos de uma topossequência da Formação Santana.

| Horizonte | Tipo de estrutura | Grau de desenvolvimento |
|---|---|---|
| | Perfil 5 | |
| A | bsa e gr | forte |
| | Perfil 6 | |
| A | gr | forte |
| AB | pri | moderada |
| | Perfil 7 | |
| A1 | ba e gr | forte |
| A2 | ba e gr | forte |
| AB | ba | forte |
| | Perfil 8 | |
| A | la | forte |
| AB | la | forte |

Legenda: e; gr: granular; ba: blocos angulares; bsa: blocos subangulares; pri: prismática; la: laminar.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Mineraçização de nitrogênio no solo pela adição de plantas de hibernais de cobertura em plantio direto

Jéssica de Souza Cavalcante Carvalho[1]; Jéssica Pereira de Souza[2]; Roberto Goulart Dutra Sobrinho[3]; Alexssander Henrique Sausen[4]; Amanda Posselt Martins[5]; Ibanor Anghinoni[6]; Cimelio Bayer[7]

[1] Estudante, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre - RS, 91540-000, jessicascvt@gmail.com; [2] Estudante; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3] Estudante; Universidade Federal do Rio Grande do Sul;[4] Estudante; Universidade Federal de Santa Catarina; [5]Professora; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [6]Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [7] Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## INTRODUÇÃO

Um dos problemas atuais da adubação nitrogenada é que as taxas de aplicação de fertilizantes nitrogenados, geralmente excedem as recomendações de nitrogênio (N) para os cultivos (GALLOWEY et al., 2008). Quando há uso de fontes orgânicas e minerais, a aplicação desse nutriente pode estar sendo realizada de forma não ajustada entre as diferentes fontes (ZHOU et al., 2016), podendo resultar em problemas pelo excesso desse elemento no meio ambiente (ERISMAN et al., 2008). Isso afeta a dinâmica do N no sistema solo-planta, com aumento na sua mineralização e nitrificação, acidificação do solo, depleção de cátions básicos, lixiviação de nitrato, eutrofização de corpos hídricos e aumento no fluxos de gases ($N_2O$) com potencial efeito estufa (GARDNER; DRINKWATER, 2009).

Nesse contexto, é importante a correta aplicação dos fertilizantes nitrogenados, levando em consideração os resíduos das culturas, de forma que o N mineral seja disponibilizado em sincronia com a demanda pela cultura de interesse. Essa sincronia entre a oferta do N mineral da planta de cobertura, com a demanda da planta de interesse resulta na diminuição desses impactos negativos, pela diminuição das perdas ambientais por desnitrificação, volatilização e lixiviação, de modo a desenvolver uma agricultura que atenda aos serviços ecossistêmicos (ZHOU et al., 2016). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a mineralização no solo a partir da adição de resíduos de plantas hibernais de cobertura em plantio direto, a fim de determinar o período de maior disponibilidade do nitrogênio mineral para a planta sucessora.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento de incubação de solo em anéis volumétricos durante 40 dias em ambiente controlado, com temperatura em 25°C em BOD na Faculdade de Agronomia – UFRGS em Porto Alegre - RS. O solo utilizado foi coletado em um experimento na Estação Experimental Agronômica (EEA) – UFRGS, localizada em Eldorado do Sul – RS (30°06 ´S, 51°40 ´ W, elevação de 96 m). O clima é subtropical (CFa), de acordo com a classificação de Koppen, com

temperatura média de 19,4 °C e precipitação anual de 1440 mm. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2011), com os seguintes atributos: 220 g $kg^{-1}$ de argila, 15 g $kg^{-1}$ de matéria orgânica (MO), pH em água de 5,0; O experimento de campo é conduzido em plantio direto em sistema de rotação de culturas de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) no verão e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilhaca (*Vica sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) ou aveia branca (*Avena sativa*) no inverno. Para o experimento em anéis, o solo foi coletado, nos três blocos, na camada de 0 – 5 cm com auxílio de anéis volumétricos de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, nas parcelas cultivadas com: i) Aveia (AV); ii) Ervilhaca (ER); iii) Aveia + Ervilhaca (AV+ER); e iiii) Controle (C) Sem adição de resíduos.

Os resíduos (parte aérea) de aveia e ervilhaca foram coletados no estádio inicial do florescimento, cuja caracterização química é apresentada na **tabela 1**. Após a coleta, os resíduos foram separados em folhas, hastes e vagens, para ervilhaca e folhas, colmos e panículas para aveia. Posteriormente os resíduos foram secos durante 48 horas em estufa a 40°C, resultando na proporção de 21:64:15 % para folhas, hastes e vagens, respectivamente, para ervilhaca e 47:32:20 % de folhas, colmos e panículas, respectivamente para a aveia, os quais foram cortados manualmente no tamanho de 1 – 3 cm. Posteriormente a isso, os resíduos foram colocados na superfície do solo nos anéis na dose equivalente a 5,0 Mg $ha^{-1}$ de massa seca e incubados. A distribuição dos anéis na BOD seguiu o delineamento inteiramente casualizados em parcelas subdivididas, com os tratamentos nas parcelas principais e a distribuição no tempo nas subparcelas.

Foram adicionados os resíduos totalizando 1,40 g de ervilhaca e 1,30 g de aveia nos respectivos anéis, que foram acondicionados em frascos de vidro de 500 mL, e armazenados em BOD. A coleta do solo nos anéis ocorreu em 10 épocas, que foram: 0, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 17, 22, 30 e 40 dias após a incubação (DAI). Em cada época de coleta o solo era submetido à análise de N-mineral: amônio ($NH_4^+$) e o nitrato ($NO_3^-$), de acordo com Tedesco et al. (1995). Com esses dados foi obtido a quantidade de N-mineral total mineralizado em cada época de coleta. O N-acumulado foi obtido pela soma acumulada do N-mineral total nos dias 0, 10, 22 e 40 após o início incubação.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises foram realizadas no ambiente R (RSTUDIO TEAM, 2016) com auxílio do pacote ExpDes (FERREIRA et al., 2013). Quando a interação entre os fatores foi significativa prosseguiu-se as análises de regressão no software SigmaPlot.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos seis dias de incubação as culturas de cobertura foram eficientes em aumentar ($P<0,05$) os teores de amônio ($N\text{-}NH_4^+$), principalmente na presença da leguminosa (ervilhaca), com acréscimos de 8,23; 5,36 e 3,24 kg $ha^{-1}$ de $N\text{-}NH_4^+$ para a ervilhaca (ER), consórcio (AV+ER) e aveia branca (AV), respectivamente, comparados ao tratamento controle com o equivalente a 3,81 kg $ha^{-1}$ de $N\text{-}NH_4^+$ **(Figura 1a)**. A partir do 9° dia até 22° dia, a ervilhaca e o tratamento em consórcio foram eficientes em aumentar a disponibilidade de $N\text{-}NH_4^+$, porém a partir dessa data houve um declínio acentuado dos teores de $N\text{-}NH_4^+$ até os 40 dias após a incubação **(Figura 1a)**. Para os teores de $N\text{-}NO_3^-$ houve um declínio nos primeiros 3 dias de incubação para as duas culturas avaliadas, aveia e ervilhaca. No entanto, a partir do sexto dia houve um acentuado aumento da disponibilidade de nitrato no caso do resíduo de aveia, que coincidiu com a diminuição do $NH_4^+$. Para a ervilhaca, esse mesmo

comportamento passa a acontecer a partir do 22° dia, indicando que o amônio produzido a partir dos resíduos da cultura de cobertura estava sendo mais rapidamente nitrificado para o resíduo da aveia do que o da ervilhaca (Figura 1b). Maior disponibilidade de $NH_4^+$ nas primeiras semanas de incubação, seguidas por maior nitrificação nas semanas finais de incubação foi também observada por Roa & Li (2003).

Essa maior liberação inicial de $NH_4^+$, por ser prontamente disponível pode, de um lado ser imobilizado pela biomassa microbiana do solo e, por outro, estar prontamente disponível para sua absorção pela planta de interesse (GEISSELER et al., 2010). Porém à medida que ocorre o aumento na disponibilidade do $NH_4^+$, passa a ocorrer, a partir da atividade microbiana do solo, o processo de nitrificação, com a liberação de nitrogênio na forma de nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), o qual pode ser também imobilizado pelos microorganismos, absorvido pela planta ou, ainda, lixiviado no perfil do solo (KUO et al., 1997). Com o aumento dos teores de $N\text{–}NO_3^-$, houve aumento diferenciado no tempo da disponibilidade de N mineral (Figura 1c). Assim, a liberação da aveia resultou em uma curva de regressão de comportamento sigmoidal, com aumentos e declínios de disponibilidade ao longo dos 40 dias de incubação, cujo período de maior disponibilidade (33,2 kg de N-mineral $ha^{-1}$) ocorreu no 9° dia de incubação e o de menor disponibilidade (6,6 kg de N-min $ha^{-1}$) foi o 22° dia. Porém, após esse período, houve um acentuado aumento, seguido por uma queda na disponibilidade de N-mineral até o 40° dia de incubação. Fato que pode ter acorrido pela maior disponibilidade de nitrato a partir do processo de nitrificação (RAO; LI, 2003) e também por uma possível liberação de N-mineral pela biomassa microbiana do solo, devido ao processo de morte de microrganismos, pelo menor ciclo de vida (KUZYAKOV et al., 2000).

Os resíduos da ervilhaca e do consórcio promoveram a liberação de N mineral seguindo uma resposta polinomial quadrática e linear, respectivamente, durante os 40 dias de incubação. Os valores liberados foram, entretanto, maiores quando comparados aos da aveia (Figura 1c). No entanto, o período de maior disponibilidade, dos resíduos da ervilhaca ocorreu a partir o 22° dia até 30° dia, com acréscimo de 11 e 25 kg de N-mineral $ha^{-1}$, sendo maiores quando comparados ao tratamento controle, com 14 kg de N-min $ha^{-1}$, o qual a partir de então, inicia um declínio até o 40° dia. Isto pode estar relacionado ao processo natural de decomposição, o qual ao longo do tempo, tem diminuída a quantidade de N disponibilizado (KUO et al., 1997). Assim, para ervilhaca, esse processo pode ser mais rápido devido à sua composição química, especialmente a relação C/N (Tabela 1), sendo responsável pela liberação do N na forma mineral em menor tempo. No consórcio, período de maior disponibilidade até 40° dia de incubação é maior, sugerindo a maior contribuição da nitrificação, com consequente liberação de N mineral. Ou seja, o consórcio pode promover a extensão do período de disponibilidade de N mineral para cultura sucessora de interesse.

As plantas de cobertura aveia e ervilhaca demonstraram serem eficientes em disponibilizar N dos seus resíduos (Figura 1d), seguindo nos primeiros 10 dias de incubação, a seguinte ordem: AV > ER > AV+ER > C, com uma mineralização de 82, 77, 67 e 54 kg de N-mineral $ha^{-1}$, respectivamente. Já, para os 20 dias de incubação, a ordem de mineralização foi: ER > AV+ER > AV > C, com valor acumulado de 144, 134, 112 e 94 kg de N-mineral $ha^{-1}$ e, para os 40 dias de incubação, os valores foram de 207, 193, 140 e 131 Kg de N-mineral $ha^{-1}$, respectivamente.

Portanto a aplicação equivalente de 5 Mg $ha^{-1}$ de resíduos de aveia e ervilhaca, renderam

uma mineralização acumulada de 140 e 207 kg de Nmineral $ha^{-1}$, respectivamente.

## CONCLUSÕES

A ervilhaca contribuiu com maior quantidade de N-mineral disponibilizado para o solo ao longo dos 40 dias de incubação. E o consórcio entre as duas plantas foi eficiente em prolongar esse período entre o 22° ao 40° dia de maior disponibilidade de N-mineral, para a planta sucessora de interesse.

## REFERÊNCIAS

Embrapa. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2. Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.

Erisman JW, Sutton MA, Galloway J, Klimont Z. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature geoscience. 2008; 1; 636-639.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes: Experimental Designs pacakge. R package version 1.1.2. (2013). [internet]. [acesso em 10 nov 2019] Disponível em: https://CRAN.Rproject.org/package=ExpDes.

Gallowey JN, Aber JD, Erisman JW, Seitzinger SP, Howarth RW. The Nitrogen Cascade. Bio Science. 2003; 53; 341-356.

Gardner JB, Drinkwater LE. The fate of nitrogen in grain cropping systems: a meta-analysis of 15N field experiments. Ecological Applications. 2009; 198; 21672184.

Geisseler D, Horwath WR, Joergensen RG, Ludwig B. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms e A review. Soil Biology and Biochemistry 2010; 42; 2058-2067.

Kuo S, Sainju UM, Jellum EJ. Winter Cover Cropping Influence on Nitrogen in Soil. Soil Science Society of America. 1997; 61; 1362-1399.

Kuzyakov Y, Friedel JK, Stahr K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. Soil Biology and Biochemistry. 2000; 32; 1485-1498.

Rao RB, Li YC. Nitrogen Mineralization of Cover Crop Residues in Calcareous Gravelly Soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2003; 34; 299-313, 2003.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5)

Zhou M, Zhu B, Bruggemann N, Dannenann M, Wang Y, Bahl KB. Sustaining crop productivity while reducing environmental nitrogen losses in the subtropical wheat-maize cropping systems: A comprehensive case study of nitrogen cycling and balance. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016; 231; 1-14.

Tabela 1. Fibra em detergente neutro (FDN) Fibra em detergente ácido (FDA), Lignina (LIG), Carbono (C), Nitrogênio (N) e Relação C/N e Lig/N dos resíduos de ervilhaca e aveia branca utilizados na incubação.

| Planta de cobertura | | FDN | FDA | LIG | C | N | C/N | Lig/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ---------- g kg$^{-1}$ ---------- | | | | | | |
| Ervilhaca | Haste | 521,9 | 208,8 | 79,2 | 373,5 | 55,6 | 6,7 | 1,4 |
| | Folhas | 283,4 | 129,0 | 36,5 | 393 | 57 | 6,9 | 0,6 |
| | Vagens | 242,5 | 147,2 | 31,8 | - | - | - | - |
| Aveia | Hastes | 640,3 | 150,4 | 39,6 | 391,2 | 28,9 | 13,5 | 1,4 |
| | Folhas | 553,7 | 145,2 | 19,7 | 405,7 | 41,7 | 9,7 | 0,5 |
| | Panículas | 600,1 | 120,5 | 20,7 | 408,6 | 30,8 | 13,3 | 0,7 |

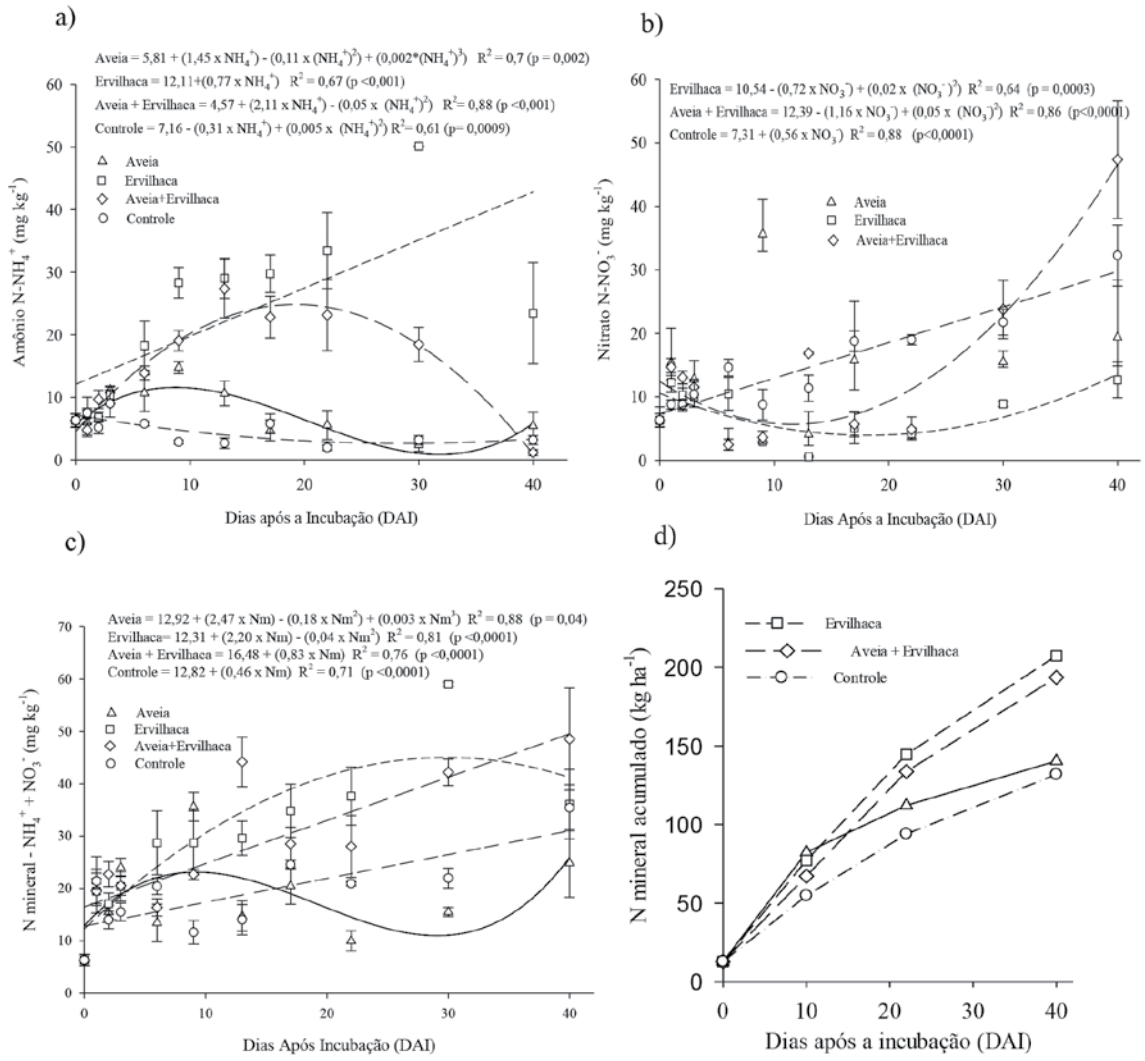



Figura 1. Mineralização do nitrogênio do solo em plantio direto pela adição de 5 Mg ha$^{-1}$ resíduos hibernais de cobertura em: a) Amônio N-$NH_4^+$; b) Nitrato N-$NO_3^-$; c) N-mineral ($NH_4^+$ + $NO_3^-$); d) Nmineral acumulado ao longo de 40 dias de incubação.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Modelos multivariados e técnicas de pré-processamento espectral para estimativa da contribuição de fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola

Rafael Ramon[1]; Gustavo Pesini[2]; Gabriela Naibo[3]; Jean Michel Moura-Bueno[4]; Laurent Caner [5]; Jean P. G. Minella[6]; Danilo S. Rheinheimer[6]; Olivier Evrard[7] Tales Tiecher[8]

[1] Doutorando em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Agronomia, Porto Alegre - RS, 91540-000; [2] Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3] Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [4] Pósdoutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria; [5] Université de Poitiers, França; [6] Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM; [7] Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), Université Paris-Saclay (CEA-CNRS-UVSQ); [8]Professor (a) Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## INTRODUÇÃO

A intensificação do uso do solo para agricultura associado ao elevado potencial erosivo das chuvas em regiões subtropicais e a ausência de práticas de manejo conservacionista observadas na região sul do Brasil, tornam a região um *"hotspot"* de erosão hídrica a nível global (Golosov and Walling, 2019). Logo, medidas para controlar os processos de erosão precisam ser adequadamente projetadas para mitigar a degradação dos solos e dos recursos hídricos. Na escala de bacia hidrográfica, a identificação e quantificação da contribuição das principais fontes de sedimentos que chegam no rio ajudam a direcionar esforços no controle dos processos erosivos de forma mais efetiva (Collins et al., 2017).

Embora estudos de monitoramento dos impactos da atividade antrópica e das mudanças climáticas sobre os recursos naturais (solo e água) sejam essenciais (Poesen, 2017), no Brasil este tipo de estudo ainda é muito recente e escasso (Melo et al., 2020). Técnicas convencionais de traçagem das fontes de sedimentos que chegam ao rio, por meio de traçadores como radionuclídeos, isótopos estáveis de compostos orgânicos específicos, ou mesmo a composição geoquímica, são métodos mais onerosos e que requerem modelos estatísticos sofisticados para sua aplicação.

A utilização da espectroscopia de reflectância difusa na faixa do visível e infravermelho surge como um método quantitativo de baixo custo, que não gera resíduos, demanda pouco material para análises e gera um grande número de informações a respeito das amostras (Viscarra Rossel et al., 2006). Este tipo de análise já tem sido utilizado com certa eficiência para a predição da contribuição das fontes de sedimentos na Europa (Poulenard et al., 2012, 2009). No entanto, num cenário em que os tipos de solos são homogêneos e que ocorrem mais do que duas ou três fontes de sedimentos potenciais como na bacia hidrográfica do rio Conceição no sul

do Brasil (Ramon et al., 2020), a combinação de múltiplas faixas espectrais como do ultra-violeta-visível (UV-Vis), infravermelho próximo (NIR) e de infravermelho médio (MIR), podem ser uma alternativa para melhorar a acurácias das estimativas dos modelos. Além disso, técnicas de pré-processamento dos espectros e modelos multivariados paramétricos e não-paramétricos, como *Partial Least Squares Regression* (PLSR) e *Support Vector Machine* (SVM), respectivamente, podem melhorar a acurácia dos resultados.

Logo, o objetivo deste estudo é testar modelos multivariados para estimativa da contribuição de fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola, utilizando espectroscopia de reflectância difusa. Além disso, verificar qual faixa espectral ou combinação de faixas oferecem melhores resultados a partir de distintos pré-processamentos dos espectros.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Conceição (804 km$^2$), localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Cfa, subtropical úmido sem uma estação seca definida, com uma precipitação média anual variando entre 1750 a 2000 mm por ano e uma temperatura média de 18,6°C. Esta bacia hidrográfica é representativa da região do planalto basáltico da Formação Serra Geral, onde as classes de solo encontradas são Latossolos (80%), Nitossolos (18%) e Argissolos (2%), com uma mineralogia dominada por óxidos de ferro e caulinita. O principal uso do solo são lavouras (89%), ocupadas com soja (*Glycine max*) sob plantio direto no verão e com trigo (*Triticum aestivum*) para a produção de grãos, aveia (*Avena sativa* e *Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) para a alimentação de gado leiteiro ou usada como cultura de cobertura para proteger os solos durante o inverno.

O relevo da bacia hidrográfica é caracterizado por declives suaves (6-9%) nas posições mais altas da paisagem e declives mais acentuados (10-14%) próximos aos canais de drenagem, com altitudes que variam de 270 a 480 m. O exutório da bacia hidrográfica está localizado próximo ao ponto de monitoramento número 75200000 da Agência Nacional de Águas (ANA) (28°27'22" S, 53°58'24" O) no município de Ijuí.

Foram coletadas 183 amostras de solo para caracterizar as quatro fontes de sedimento, que incluem: lavoura (n=79), canal de drenagem (n=36), estrada (n=41) e pastagem (n=27). As amostras de cada fonte de sedimentos foram misturadas em proporções iguais no laboratório para constituir uma amostra de referência única para a fonte correspondente. Posteriormente, essas amostras de referência foram misturadas em 97 diferentes proporções de cada fonte. Estas foram então usadas para calibrar os modelos matemáticos multivariados usados para estimar a contribuição das fontes para as amostras de sedimentos.

Foram coletadas um total de 44 amostras de sedimentos, que incluem amostras de sedimentos em suspensão coletadas por amostradores integradores no tempo (torpedo) (n=8), sedimento depositado no leito do rio (n=15) e amostras de sedimento em suspensão coletadas durante eventos de chuva (n=21). O solo e os sedimento foram secos em estufa a 50°C e levemente desagregadas usando gral de ágata. O solo foi peneirado em malha de 63 μm a fim de diminuir efeito do tamanho de partículas (Laceby et al., 2017).

As faixas espectrais analisadas foram a do UVVis, NIR, obtido em espectrômetro FTIR Nicolet 26700 e MIR, obtido em espectrômetro Nicolet 510-FTIR. Ambos foram obtidos em intervalos

de comprimento de onda de 1 nm. Após a aquisição dos espectros, esses foram submetidos a três diferentes técnicas de pré-processamento espectral: *Detrend* (DET), *Savitzky-Golay Derivate* (SGD) e *Standard Normal Variate* (SNV), estes comparados ao espectro bruto (RAW).

Para desenvolver os modelos de predição, foi utilizado um modelo multivariado paramétrico, o PLSR, e um não-paramétrico, o SVM. Os modelos foram calibrados e validados por validação cruzada – *cross validation*, usando uma divisão aleatória em segmentos. O desempenho dos modelos em estimar a contribuição de sedimentos de cada fonte foi avaliado pelas estatísticas de quantificação da acurácia: coeficiente de determinação ($R^2$) e erro médio quadrático de predição (RMSE).

O modelo multivariado e o pré-processamento que apresentou melhor desempenho estatístico ($R^2$ e RMSE) foi utilizado para predição da contribuição de cada fonte para cada amostra de sedimento. Ambas faixas do espectro foram testadas individualmente e com múltiplas combinações entre as três. Todos os préprocessamentos e modelagem dos dados foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que a faixa do espectro UV-Vis não é adequada para esta estratégia de modelagem ($R^2$ de 0,48 a 0,96 e RMSE acima de 10%). Mesmo quando utilizada em combinação com outras faixas do espectro, acaba reduzindo o desempenho preditivo do modelo em relação as faixas do NIR e MIR utilizadas isoladamente (**Figura 1**). A faixa do UV-Vis é muito influenciada pelos teores de óxidos do solo, que no caso da bacia do Rio Conceição, por apresentar solos homogêneos e altamente intemperizados, as diferenças entre as fontes consideradas não imprimem uma assinatura específica nestes comprimentos de onda, havendo pouca diferença entre elas (Viscarra Rossel and Behrens, 2010).

Por outro lado, as faixas do espectro NIR e MIR, apresentam bom desempenho de forma isolada ($R^2$ maior que 0,96 e RMSE abaixo de 5%) (**Figura 1 e 2**). Quando combinadas (NIR+MIR), só há ganho em relação ao espectro bruto, quando aplicado o pré-processamento SGD e com modelo SVM (**Figura 1 e 2**). Nos outros casos, os préprocessamento não representaram ganhos na acurácia dos modelos.

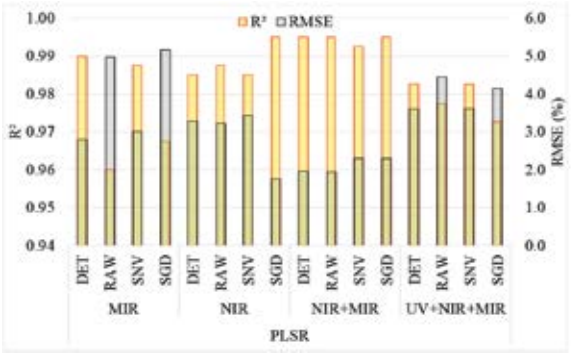



**Figura 1.** Média dos valores de $R^2$ e RMSE para as combinações de faixa do espectro e pré-processamentos pelo modelo PLSR.

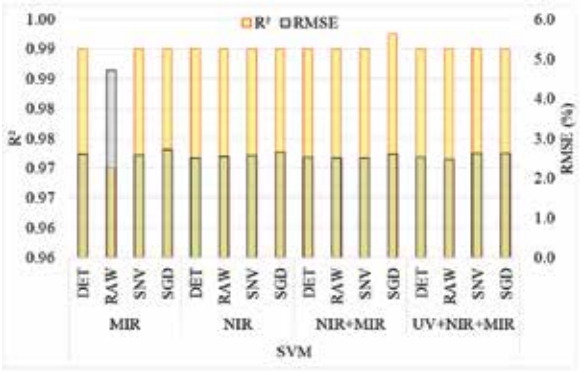



**Figura 2.** Média dos valores de $R^2$ e RMSE para as combinações de faixa do espectro e pré-processamentos pelo modelo SVM.

Entre os dois modelos testados, as estimativas obtidas pelo modelo SVM foram as que apresentaram a maior acurácia em geral ($R^2$ > 0,99 e RMSE < 3%, com exceção do espectro bruto MIR, $R^2$ = 0,97 e RMSE = 4,7%) (**Figura 2**). Esse re-

sultado é explicado devido o modelo SVM conseguir estabelecer relações matemáticas entre as correlações não lineares existentes entre a composição organo-mineral e o comportamento espectral das amostras de sedimento.

O modelo PLSR foi mais sensível aos pré-processamentos e faixas espectrais utilizadas ($R^2$ variando de 0,96 a 1, RMSE de 1,75 a 5,2), mas apresentou os maiores valores de $R^2$, levemente superior ao SVM quando as faixas do NIR+MIR foram combinadas, independente do préprocessamento aplicado (Figura 1). De forma geral, quando as faixas espectrais do NIR e MIR são utilizadas individualmente, o modelo SVM é mais indicado devido a sua robustez (Dotto et al., 2017), sendo que os três pré-processamentos indicados apresentaram melhor acurácia que o espectro original, mas não diferem entre si.

De modo geral, os valores de RMSE tanto para o modelo PLSR como SVM, foram na sua maioria inferiores a 3, o que é considerado satisfatório. Todos os pré-processamentos representaram alguma melhora na acurácia dos modelos em relação ao espectro bruto, mas os mesmos não diferiram significativamente entre si.

Para a predição da contribuição de cada fonte de sedimento, foi considerando o modelo SVM, combinado com espectros NIR+MIR e o préprocessamento SNV, que apresentou a maior acurácia no desenvolvimento dos modelos. As estimativas destes modelos indicaram as pastagens como principal fonte de sedimento (média de 42%), seguida pelos canais de drenagem (média de 32%). Observando os tipos de amostras de sedimentos, verifica-se que as pastagens são as principais fontes de sedimento em suspensão, durante eventos de chuva e também pelo amostrador integrador (Figura 3). Já o sedimento coletado no fundo do rio, tem o próprio canal de drenagem como fonte principal, o que está de acordo com os resultados observados em estudos prévios na mesma bacia (Ramon et al., 2020; Tiecher et al., 2018),

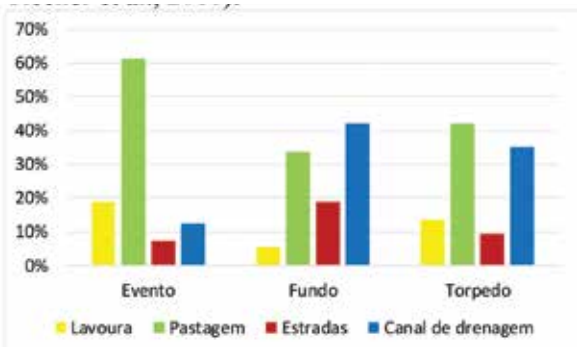



Figura 3. Contribuição das fontes para os sedimentos coletados por torpedos, fundo do rio e durante eventos de chuva.

As lavouras apresentaram maior contribuição para as amostras coletadas durante eventos, que apesar de ter menor contribuição do que outras fontes, durante eventos é que ocorre a maior transferência de quantidades maiores de sedimentos. Isso indica que grandes quantidades de sedimentos e nutrientes associados, podem estar sendo removidos das áreas de produção e entregues aos corpos hídricos.

## CONCLUSÕES

A espectroscopia de refletância difusa mostrou ter potencial na estimativa da contribuição de fontes de sedimentos derivados de uma bacia hidrográfica agrícola.

O modelo SVM é o mais indicado para estimativa da contribuição das fontes dos sedimentos.

A faixa espectral do UV-Vis não é eficiente para traçagem das fontes de sedimento nesta bacia com solos homogêneos e altamente intemperizados, enquanto NIR e MIR apresentam bons valores de acurácia.

Os pré-processamentos mostram-se mais relevantes para a faixa espectral do MIR utilizada isoladamente nas estimativas.

A modelagem indica que as áreas de pastagens e o próprio canal de drenagem, são as principais fontes de sedimentos.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à UFRGS, UFSM, IRGEB, Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP pelo apoio financeiro e ao projeto "Mais Água" e FAPERGS.

## REFERÊNCIAS

Collins, A.L., Pulley, S., Foster, I.D.L., Gellis, A., Porto, P., Horowitz, A.J., 2017. Sediment source fingerprinting as an aid to catchment management: A review of the current state of knowledge and a methodological decision-tree for end-users. J. Environ. Manage. 194, 86–108. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.075

Dotto, A.C., Dalmolin, R.S.D., Grunwald, S., ten Caten, A., Pereira Filho, W., 2017. Two preprocessing techniques to reduce model covariables in soil property predictions by Vis-NIR spectroscopy. Soil Tillage Res. 172, 59–68. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.05.008

Golosov, V.N., Walling, D.E., 2019. Erosion and sediment problems: global hotspots. Paris, France.

Laceby, J.P., Evrard, O., Smith, H.G., Blake, W.H., Olley, J.M., Minella, J.P.G., Owens, P.N., 2017. The challenges and opportunities of addressing particle size effects in sediment source fingerprinting: A review. Earth-Science Rev. 169, 85–103. https://doi.org/10.1016/j.earscirev. 2017.04.009

Melo, D.C.D., Anache, J.A.A., Almeida, C. das N., Coutinho, J. V., Ramos Filho, G.M., Rosalem, L.M.P., Pelinson, N.S., Ferreira, G.L.R.A., Schwamback, D., Calixto, K.G., Siqueira, J.P.G., Duarte-Carvajalino, J.C., Jhunior, H.C.S., Nóbrega, J.D., Morita, A.K.M., Leite, C.M.C., Guedes, A.C.E., Coelho, V.H.R., Wendland, E., 2020. The big picture of field hydrology studies in Brazil. Hydrol. Sci. J. 0, 1. https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1747618

Poesen, J., 2017. Soil erosion in the Anthropocene: research needs. Earth Surf. Process. Landforms 84, 64-84. https://doi.org/10.1002/esp.4250

Poulenard, J., Legout, C., Némery, J., Bramorski, J., Navratil, O., Douchin, A., Fanget, B., Perrette, Y., Evrard, O., Esteves, M., 2012. Tracing sediment sources during floods using Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectrometry (DRIFTS): A case study in a highly erosive mountainous catchment (Southern French Alps). J. Hydrol. 414–415, 452–462. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.022

Poulenard, J., Perrette, Y., Fanget, B., Quetin, P., Trevisan, D., Dorioz, J.M., 2009. Infrared spectroscopy tracing of sediment sources in a small rural watershed (French Alps). Sci. Total Environ. 407, 2808–2819. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.049

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing [WWW Document]. URL https://www.r-project.org/

Ramon, R., Evrard, O., Laceby, J.P., Caner, L., Inda, A. V., Barros, C.A.P. de, Minella, J.P.G., Tiecher, T., 2020.

Combining spectroscopy and magnetism with geochemical tracers to improve the discrimination of sediment sources in a homogeneous subtropical catchment. CATENA 195, 104800. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104800

Tiecher, T., Minella, J.P.G., Evrard, O., Caner, L., Merten, G.H., Capoane, V., Didoné, E.J., dos Santos, D.R., 2018. Fingerprinting sediment sources in a large agricultural catchment under no-tillage in Southern Brazil (Conceição River). L. Degrad. Dev. 29, 939–951. https://doi.org/10.1002/ldr.2917

Viscarra Rossel, R.A., Behrens, T., 2010. Using data mining to model and interpret soil diffuse reflectance spectra. Geoderma 158, 46–54. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.12.025

Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., McBratney, A.B., Janik, L.J., Skjemstad, J.O., 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma 131, 59–75. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.007

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Potencial de aquecimento global parcial de sistemas de preparo do solo no cultivo de arroz irrigado e soja em terras baixas

Mara Grohs[1]; Endiele Lopes dos Santos [2]; Sandro José Giacomini[3]; Caren Alessandra da Rosa[4]; Alicia Baumhardt Dorneles [5]; Giovane Rodrigo Friedrich Neu[6]

[1]Dr. Eng. Agr., Pesquisadora, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Estação Regional de Pesquisa do IRGA, BR290, Km 274, Barragem do Capané, Cachoeira do Sul, grohs.mara@gmail.com; [2]Graduando Eng. Agrícola; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); [3] Dr. Eng. Agr. Professor Dep. Solos;(UFSM); [4] Mestranda, Eng. Agr.;(UFSM); [5] Graduando Eng. Agrícola; [6]Graduando Agronomia; Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

## INTRODUÇÃO

O sistema de preparo do solo em terras baixas envolve diferentes sistemas de cultivo que diferenciam-se quanto à forma e à época de preparo do solo, aos métodos de semeadura e ao manejo inicial da água. O cultivo mínimo (ou sistema de preparo antecipado), que responde por 60% da área do Estado do Rio Grande do Sul, compreende na semeadura direta em solo previamente preparado no outono-inverno (SOSBAI, 2018). Já o convencional, que representa 20 a 30% da área do Estado, é definido como o preparo do solo na primavera, frequentemente próximo a semeadura. O restante da área é cultivada usando o sistema prégerminado e o plantio direto, sendo que esse último tem ganhado espaço nos últimos anos pela adoção da colheita no seco e pela redução de custo pelo não preparo do solo, chegando a 8% da área na presente safra (IRGA, 2020).

A adoção de um ou outro sistema de cultivo por parte do produtor é consequência do manejo da área no momento da colheita (colhida no seco ou não), da presença de plantas daninhas e da cultura a ser semeada em sucessão. Por exemplo, áreas que são provenientes de soja, serão manejadas no sistema de preparo antecipado, visto que após a semeadura há a necessidade de apenas de levantar as taipas, caso a área não seja sistematizada. Do contrário, quando a soja é semeada em sucessão ao arroz, há uma preocupação bastante grande por parte do produtor com o preparo da área, visto a dificuldade de estabelecimento dessa cultura nesse ambiente. Em função disso, é praticamente inexistente semeaduras de soja sobre resteva de arroz, optando o produtor pelo preparo da área no período da entressafra.

Além das consequências relativas ao estabelecimento das culturas em sucessão, o manejo do solo tem influência direta sobre a emissão dos gases do efeito estufa (GEE). Em arroz irrigado, essa condição é particularmente importante em função da emissão do gás metano ($CH_4$), enquanto na soja o principal GEE passa ser o óxido nitroso ($N_2O$). Segundo GROHS et al. (2020), a incorporação da palha de arroz após a colheita, com o solo alagado, com o rolo-faca, aumenta a emissão de metano na entressafra, enquanto

a adoção do plantio direto pode mitigar essa emissão.

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o potencial de aquecimento global parcial em função de diferentes manejos na área após a colheita do arroz irrigado, tanto na cultura do arroz quanto da soja, cultivados em sucessão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) localizada em Cachoeira do Sul. O experimento foi instalado a campo, no dia 02/04/2019, em área previamente semeada com a cultivar IRGA 424RI e colhida com o solo seco.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em um fatorial 4 x 2 com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por quatro manejos do solo: plantio direto; preparo antecipado; preparo convencional e plantio direto com cultivo de trevo persa durante a entressafra. O preparo antecipado foi realizado através da incorporação da palha com o solo previamente inundado com a utilização do rolo-faca e sucessivas gradagens e aplainamento da área no período do outono-inverno. No sistema convencional, a palha do arroz foi incorporada com a utilização da grade, com três intervenções, com a finalização do preparo em setembro (primavera), próxima a semeadura do arroz e da soja, enquanto no plantio direto foi realizada apenas a dessecação da área após o rebrote do arroz, 15 dias após a colheita do arroz. No tratamento com trevo persa, a leguminosa foi semeada no dia 20/07/2019, na densidade de 6 kg $ha^{-1}$ a lanço. O segundo fator foi composto pelas culturas arroz irrigado e soja. A área do experimento foi dividida em faixas para facilitar os manejos de solo e cada parcela apresentava 6,5m x 20m, em cada cultura.

As parcelas dos tratamentos com arroz foram dessecadas no dia 11/10/19 e a semeadura da cultivar Irga 424 RI foi realizada no dia 25/10/19, utilizando densidade de sementes de 100 kg $ha^{-1}$. A irrigação por alagamento do arroz teve início em 25/11/19. A área da soja foi dessecada no dia 27/10/19 e a semeadura a cultivar TEC 6070 RR foi realizada no dia 07/11/19, utilizando densidade de 34 sementes $m^{-2}$.

Nos tratamentos com arroz, uma semana antes da semeadura foi determinada a quantidade de resíduos presentes nas parcelas. No tratamento com com trevo persa também foi determinada a matéria seca produzida pela leguminosa, a qual foi somada aos resíduos presentes na parcela.

A avaliação da emissão de $CH_4$ e $N_2O$ nos tratamentos com arroz e soja iniciou no dia 08/10/19 utilizando o método das câmaras estáticas (MOSIER, 1989), o qual consiste de um dispositivo composto por uma base que permanece fixa no solo e por uma câmara móvel que é acoplada a base apenas no momento das coletas das amostras de gás. Após cada coleta, as amostras foram transferidas das seringas para vials, sendo posteriormente encaminhadas para o Laboratório de Pesquisa em Biotransformações de Carbono e Nitrogênio (LABCEN) da UFSM, para determinação das concentrações de $CH_4$ e $N_2O$ em cromatógrafo gasoso (GC-2014, Shimadzu Corp., Quioto, Japão), equipado com detector de captura de elétrons ECD (Electron Capture Detector) e de ionização de chama FID (Flame Ionization Detector).

As emissões acumuladas de $CH_4$ e de $N_2O$ foram calculadas a partir da integral da área sob a curva, estabelecida pela interpolação dos valores diários de emissão (BAYER et al., 2014). Com base na emissão acumulada de $CH_4$ e $N_2O$, e levando-se em conta o potencial de aquecimento global de cada gás em relação ao $CO_2$ – 28 vezes para o $CH_4$ e 268 vezes para o $N_2O$, num horizon-

te de 100 anos (SOLOMON et al., 2007) –, foram calculadas as emissões em quantidades de $CO_2$ equivalente ($CO_2$eq). A soma desses equivalentes foi denominada de Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp), calculado pela expressão: PAGp (kg $CO_2$eq $ha^{-1}$) = ($CH_4$ × 28) + ($N_2O$ × 268), onde $CH_4$ e $N_2O$ são as emissões no período avaliado (kg $ha^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias de tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior PAGp foi medido no cultivo do arroz irrigado do que com a soja, independente do sistema de cultivo (Figura 1). Na média de todos os tratamentos, o PAGp no arroz irrigado foi de 4.689 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$ enquanto na soja foi de apenas 229 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$, ou seja, o PAGp do cultivo da soja representa apenas 5% daquele do arroz irrigado. Esse resultado está estreitamente ligado a emissão de $CH_4$ durante a inundação do solo no cultivo do arroz irrigado, que representa mais de 90% do PAGp, segundo trabalhos conduzidos em ambientes semelhantes (BAYER et al., 2014; GROHS et al., 2020; SOUZA, 2013).

Os sistemas de cultivo apresentaram comportamento distinto no arroz irrigado e na soja. Enquanto no arroz irrigado os sistemas com maior PAGp foram os que apresentavam palha na superfície (plantio direto e plantio direto com trevo persa), na soja os sistemas de cultivo que apresentaram alguma intervenção no solo em algum momento da entressafra, apresentaram o maior PAGp.

Na cultura do arroz irrigado, o maior PAGp foi registrado no plantio direto (8.892 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$), seguido do plantio direto com trevo (3.825 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$), preparo antecipado (3.367 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$) e sistema convencional (2.673 kg $CO_2$ eq $ha^{-1}$) (Figura 1A). Esse resultado difere do encontrado por BAYER et al (2014) e GROHS et al. (2020), mas está de acordo com aqueles encontrados por Souza (2013). Segundo GROHS et al (2020) o plantio direto é um mitigador da emissão dos GEE quando comparado ao preparo antecipado utilizando o rolo-faca, como realizado no trabalho. Provavelmente o resultado encontrado no presente trabalho é consequência da mensuração dos gases apenas no período da safra, desconsiderando os efeitos dos manejos do solo durante a entressafra.

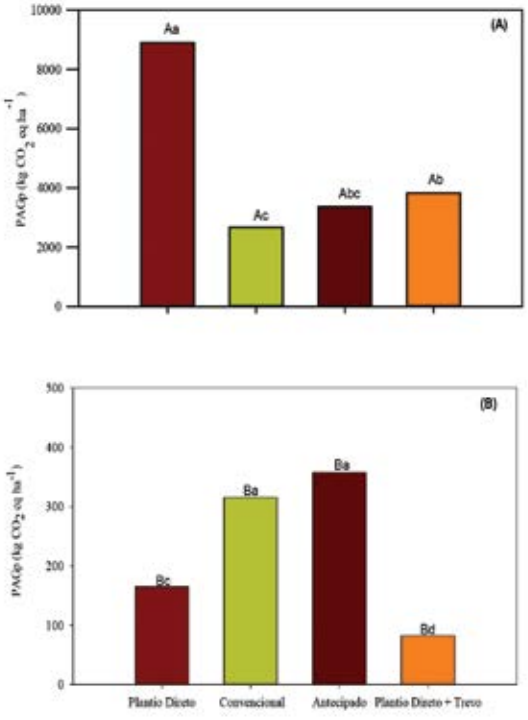



Figura 1. Potencial de aquecimento global parcial (PAGp) na cultura do arroz irrigado (A) e cultura da soja (B) em diferentes sistemas de cultivo: plantio direto, sistema convencional, preparo antecipado e plantio direto com trevo persa. Letras maiúsculas comparam as culturas e letras minúsculas, os sistemas, a 5% de probabilidade.

Ainda na área onde foi cultivado o arroz, o tratamento do plantio direto com o trevo, apresentou comportamento bastante satisfatório quando comparado aos demais, em relação aos valores de PAGp. A diferença entre eles é a

quantidade de massa seca que havia na área no momento da semeadura, como demonstrado na Figura 2, o que resultou em uma emissão 57% menor. A adição de material orgânico, além de favorecer processos de redução no solo, também intensifica as emissões de $CH_4$ pela disponibilização de substratos para os microrganismos metanogênicos (KIM et al., 2012).

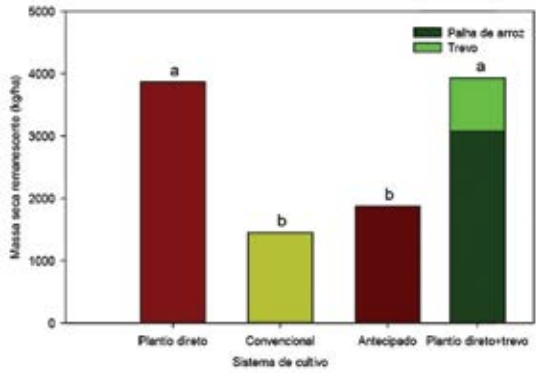



Figura 2. Massa seca presente na área no momento da semeadura, em diferentes sistemas de cultivo: plantio direto, sistema convencional, preparo antecipado e plantio direto com trevo persa.

Em relação aos sistemas de cultivo na soja, tanto o sistema convencional, quando o preparo antecipado, favoreceram o aumento do PAGp, seguidos do plantio direto e do plantio direto com trevo persa (Figura 1B). Esperava-se que o maior PAGp fosse medido no plantio direto com trevo, devido a presença dos resíduos culturais da leguminosa ricos em N, o que poderia incrementar as emissões de $N_2O$ pelo aumento na disponibilidade de N no solo. No entanto, a baixa emissão de $N_2O$ nesse estudo com a leguminosa pode estar relacionado a baixa pluviometria durante o período de estudo, o que limita a produção de $N_2O$ via nitrificação e desnitrificação.

## CONCLUSÕES

O PAGp no cultivo do arroz irrigado é 21 vezes maior do que durante o cultivo da soja em terras baixas.

O efeito dos sistemas de cultivo que mantêm alta quantidade de palha no momento da semeadura, durante o cultivo do arroz irrigado, contribuem para elevar os valores de PAGp, enquanto durante o cultivo da soja, são os sistemas que revolvem o solo na entressafra que aumentam o PAGp.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) pelo financiamento da pesquisa e ao LABCEN/UFSM pela realização das análises. Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e de pós-graduação, do segundo e quarto autor, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

Bayer C, Costa F de S, Pedroso GM, Zschornack, t.; camargo, e.s.; lima, m.a. de; frigheto, r.t.s.; gomes, j.; marcolin, e.; macedo, v.r.m. Yield-scaled greenhouse gas emissions from flood irrigated rice under long-term conventional tillage and no-till systems in a Humid Subtropical climate. Field Crops Research, v.162, p.6069, 2014.doi: 10.1016/j.fcr.2014.03.015.

Grohs M, Marchesan E, Giacomini SJ, Filho AC, Werle IS, Da Silva AL, Pagliarin VL, Fleck AG. Greenhouse gas emissions during rice crop year affected by the management of rice straw and ryegrass. Rev Bras Cienc Solo. 2020; 44:1-16. doi: .36783/18069657rbcs20190137

Instituto Rio Grandense do Arroz - Irga. Safras. [Acessado em: 24 set. 2020]. Disponível em: https://irga.rs.gov.br//.

Kim SY, Gutierrez J, Kim PJ. Considering winter cover crop selection as green manure to control methane emission during rice cultivation on paddy soil. Agriculture, Ecosyst and Environ. 2012; 161: 130-136, 2012. doi: 10.1016/j.agee.2012.07.026.

Mosier, A, R. Chamber and isotopic techiniques. In: Andrea, M.O; Schimel, D.S (eds.). Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Report f the Dahlem Workshop. John Wiley and Sons, Berlin, Germany, p. 175-187, 1989.

Souza EL. Emissão de óxido nitroso e metano em área de cultivo com arroz irrigado com diferentes manejos da palha pós-colheita. [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2013.

Solomon D, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL. Climate Change 2007: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University, 2007. 996p. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Sociedade Brasileira do Arroz Irrigado - Sosbai. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 32. Reunião Técnica da Cultura do arroz. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; 2018. 205p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Produção de Alho em Sistema de Manejo Reduzido e Convencional do Solo

Leandro Hahn[1]; Bruno Cavalett do Nascimento[1]; Guilherme Coldebela[2]; Lucas Matheus Torezan[2]; Neuro Hilton Wolschick[3]

(1) Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Caçador-SC e Professor da Uniarp. Endereço: Rua Abílio Franco 1500, Bairro Bom Sucesso, Caçador-SC. E-mail: leandrohahn@epagri.sc.gov.br;
[2] Estudantes de Agronomia da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (Uniarp); [3] Professor da Uniarp.

## INTRODUÇÃO

O alho é cultivado em todo o sul do Brasil com manejo convencional do solo. Esse sistema caracteriza-se pelo excessivo revolvimento do solo, sendo na ocasião do plantio realizada aração e, posteriormente, destorroamento com enxada rotativa, o que ocasiona a pulverização do solo e, consequentemente, sua degradação física (BERTOL et al., 2001), química (ANDRADE et al., 2012) e biológica (D`ANDREA et al., 2002)

Neste cenário, o sistema de plantio reduzido é uma alternativa de manejo do solo que deve ser buscada por técnicos e pesquisadores. No entanto, desconhece-se o desempenho do alho neste sistema de manejo do solo. A produção de alho em função do manejo do solo, associado com cultivo de plantas de cobertura do solo, não é descrito na literatura. Na cultura da cebola, há alguns estudos avaliando o suprimento de nutrientes, destacando-se que a disponibilidade de nutrientes tem estreita relação com o manejo do solo e com os sistemas de rotação de culturas adotados (PAULA et al., 2002; FAYAD et al., 2007), sendo também influenciada por processos edáficos, suprimento de água, aspectos climáticos e da própria capacidade da cultura de aproveitar os elementos presentes no solo. As plantas de cobertura e a adoção de sistemas de rotação de culturas podem contribuir na fixação de nitrogênio, aumentar a ciclagem de nutrientes e no caso das hortaliças, que são adubadas de forma intensa, contribuindo na redução das perdas de nutrientes (JACKSON, 2000).

O objetivo da pesquisa foi avaliar os manejos convencional e reduzido do solo e distintas coberturas antecessoras ao cultivo do alho no rendimento comercial do alho.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área da pesquisa está localizada na Estação Experimental da Epagri, localizada no município de Caçador, SC. O solo é classificado como Nitossolo Bruno distrófico típico. O experimento foi conduzido na safra 2019/2020 com cultivo de alho da cultivar Chonan. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram organizados num esquema fatorial 3x2, compreendendo três espécies de plantas de cobertura, antecedente ao alho (milheto, crotalária e feijão) e dois sistemas de ma-

nejo do solo (sistema de cultivo reduzido - SCR e sistema plantio convencional - SPC). No mês de maio, cerca de um mês antes do plantio do alho, as culturas de cobertura foram trituradas com equipamento "triturador".

No manejo convencional, o alho foi implantado após uma aração e gradagem do solo e, na implantação do alho, além da aração e gradagem, canteiros foram formados com auxílio de enxada rotativa, para posterior marcação do espaçamento e plantio do alho. No manejo reduzido, o alho é implantado com cultivo sem revolvimento do solo (plantio direto), no qual foram abertos sulcos usando uma máquina de plantio direto com disco de corte e sulcador adubador, essa máquina corta a palha, abre um sulco e incorpora parte do adubo. Em todos os tratamentos o alho é da cultivar Chonan, plantado no mês de junho.

A dimensão de cada uma das parcelas é de 4,5 x 22 m (99 $m^2$), composto por três canteiros. O alho cultivado num arranjo de cinco fileiras por canteiro, sendo o espaçamento entre plantas, nas fileiras bordadura, de 8 cm e nas três fileiras centrais de 9 cm, entre as fileiras um espaçamento de 22,5 cm e entre as fileiras externas de canteiros adjacentes de 50 cm, totalizando 333 mil plantas ha-1. A área útil da parcela para as avaliações, composta pelo canteiro central.

A colheita dos bulbos realizou-se em um metro linear de canteiro dentro da área útil da parcela. Após a colheita, as plantas foram submetidas à cura por cerca de 40 dias, sendo então determinada a produtividade total em kg ha-1 e a porcentagem de bulbos superbrotados e abertos (sem as túnicas que recobrem os bulbilhos), considerado alho não-comercial. Os bulbos adequados à comercialização foram distribuídos em classes de tamanho segundo a portaria nº 242, de 17 de setembro de 1992, do MAPA (LUENGO, 2018).

Os resultados, foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados, e submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste Tukey a 5%. Todas as análises foram implementadas usando o programa "R", versão 3.0.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção comercial de alho foi afetada pelos manejos e plantas de cobertura de solo. O manejo reduzido do solo proporcionou um aumento de 1,7 Mg $ha^{-1}$ (13,0%) de alho comercial em relação ao manejo convencional (Tabela 1). Para a cobertura de solo com crotalária, não se verificou diferenças na produção comercial entre os dois sistemas de manejo, no entanto, com uso de feijão e milheto como culturas anteriores ao alho, os rendimentos comerciais foram superiores com o manejo reduzido do solo.

Uma maior produção comercial de alho no manejo reduzido do solo pode ser atribuída ao menor percentual de alho indústria, que não tem valor comercial. Verifica-se um aumento de 93% de alho indústria na média dos tratamentos com manejo convencional em relação ao manejo reduzido. Provavelmente o maior revolvimento do solo aumentou a mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de N às plantas de alho e podem explicar o favorecimento do super-brotamento dos bulbilhos e ocorrência de bacteriose, o que caracteriza o alho indústria (WU et al., 2016). Macedo et al. (2009) enfatizam que o alho é extremamente sensível ao excesso de N e o manejo convencional do solo pode ter favorecido a absorção de N pelas plantas de alho.

Entre as plantas de cobertura do solo, a crotalária não apresentou diferenças no percentual de alho indústria entre os dois sistemas de manejo do solo, inclusive, no manejo reduzido,

o percentual dessa classe de alho foi maior em relação ao feijão e ao milheto. A crotalária como planta de cobertura ao alho apresentou para o manejo reduzido do solo o maior percentual de alho da classe 7, de maior diâmetro e valor comercial, e maior produção total, ainda que a produção comercial de alho deste tratamento tenha sido menor pelo maior percentual de alho indústria.

Os resultados do presente estudo são inéditos e demonstram a viabilidade do manejo reduzido do solo como prática a ser adotada por alhicultores. Adicionalmente, plantas de cobertura do solo podem interferir na produção do alho pelas distintas disponibilidades de nutrientes mineralizados por estas, de modo que ajustes na adubação precisam ser feitos pelos produtores, principalmente N, para obter o máximo de seus benefícios.

## CONCLUSÕES

O manejo reduzido do solo proporciona um aumento de 1,7 Mg $ha^{-1}$ (13,0%) de alho comercial em relação ao manejo convencional. O cultivo de feijão e milheto como culturas anteriores ao alho aumenta o rendimento comercial no manejo reduzido do solo em comparação ao manejo convencional.

## AGRADECIMENTOS

À Uniarp, ao CNPQ, à bolsa do Artigo 171 pesquisa, fundo de Apoio à Pesquisa da Uniarp (FAP), à FAPESC, Epagri e a Udesc, pelo apoio financeiro e estrutural neste projeto.

## REFERÊNCIAS

Andrade AP, Mafra AL, Picolla CD, Albuquerque JA, Bertol I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. Ci Rural;2012;42(5):814-821.

Bertol I, Schick J, Batistela O, Leite D, Visentin D, Cogo NP. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). Rev Bras Ci Solo, 2001;26:455-464.

D'andréa AF, Silva MLN, Curi N, Siqueira JO, Carneiro MAC. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. Rev Bras Ci Solo, 2002;2:913- 923

Fayad JA, Mondardo M, Sgrott EZ, Kurtz C. Avaliação da época e da dose de nitrogênio no rendimento da cebola, cv. Crioula Alto Vale, cultivada no sistema de plantio direto de hortaliças. Ituporanga: EPAGRI, 2007. 5p. (Boletim Técnico, 6).

Jackson LE. Fates and losses of nitrogen from a nitrogen-15-labeled cover crop in an intensively managed vegetable system. Soil Sc Soc Am J, 2000;64: 1404-1412.

Luengo RFA, Calbo AG, Lana MM, Henz GP. Classificação de hortaliças. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/public/classificacao.doc Acesso em 19 de jan.

Macêdo FS, Souza RJ, Carvalho JG, Santos BR, Leite LCR. Productivity of vernalized garlic in function of nitrogen and molybdenum doses. Bragantia. 2009;3:657-663. http://dx.doi.org/10.1590/S00068705200900030012.

Paula MB, Padua JG, Fontes PCR, Bertoni JC. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciados por fontes de potássio e doses de gesso. Rev Ceres, 2002;49:231-244.

Wu C, Wang M, Cheng Z, Meng H. Response of garlic (*Allium sativum* L.) bolting and bulbing to temperature and photoperiod treatments. Biol Open. 2016;5:507– 518. https://doi: 10.1242/bio.01644.

Tabela 1. Produção do alho distribuído nas classes de acordo com sua qualidade industrial e comercial

| Manejo | Cobertura | Classes | | | | | | | Produção | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Indústria | 1+2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Total | Comercial |
| | | %- | | | | | | | Mg ha$^{-1}$ | |
| Convencional | Crotalária | 18,2ns | 0,0 | 1,6 | 9,9Aa | 23,7 | 48,8c | 16,0B | 16,0Bb | 13,1 |
| | Feijão | 24,9A | 0,1 | 0,7 | 5,5ab | 10,6B | 62,7a | 20,4 | 16,9Aab | 12,7B |
| | Milheto | 24,2A | 0,8 | 0,4 | 2,9b | 15,2 | 53,5b | 28,1 | 17,3a | 13,1B |
| | Média | 22,4 | 0,3 | 0,9 | 6,1 | 16,5 | 55,0 | 21,5 | 16,7 | 12,9 |
| Reduzido | Crotalária | 24,2a | 0,3 | 0,5 | 2,8B | 18,4 | 44,5 | 33,8Aa | 17,5Aa | 13,3b |
| | Feijão | 3,9Bb | 0,1 | 0,6 | 4,8 | 28,0A | 57,4 | 9,2b | 15,9Bb | 15,3Aa |
| | Milheto | 6,6Bb | 0,2 | 1,0 | 7,7 | 18,1 | 53,4 | 19,8ab | 16,4ab | 15,3Aa |
| | Média | 11,6 | 0,2 | 0,7 | 5,1 | 21,5 | 51,8 | 20,9 | 16,6 | 14,6 |
| | Média Geral | 17,0 | 0,2 | 0,8 | 5,6 | 19,0 | 53,4 | 21,2 | 16,7 | 13,8 |
| | CV (%) | 28,5 | 144,8 | 89,0 | 60,3 | 37,7 | 8,0 | 36,9 | 3,9 | 6,1 |
| F-Teste Manejo | | ** | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | ** |
| F-Teste Cobertura | | * | ns | ns | * | ns | ** | * | ** | ** |

Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes mostram diferenças entre manejos dentro de cada cobertura e letras minúsculas diferentes mostram diferenças entre coberturas dentro de cada manejo. (**Tukey $p<0,01$; * Tukey $p<0,05$). ns - não significativo.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Qualidade biológica de tecnologias de preparo de solo para o sistema milho-silagem

Nataniel Osmar Risse [1]; Sara Tiemi Nishida[2]; Vivian Natalia Kaufert[2]; Gabriel Victor Ferrari[2]; Bruna Gasparrini Tondelo[2]; Luciana Grange[3]

[1]Estudante, Universidade Federal do Paraná, Rua Pioneiro, 2204, AP301, Jd. Dallas, Palotina, PR, 85950-000, natanielrisse@ufpr.br; [2]Estudante; Universidade Federal do Paraná; [3] Docente; Universidade Federal do Paraná.

## INTRODUÇÃO

O sistema de produção de milho para silagem mais utilizado na região oeste do Paraná é o monocultivo, ou seja, milho sobre milho e, a forma de preparo do solo é a do tipo convencional. Esta combinação de manejos tem levado estes solos cultivados a um desgaste energético e a degradações químicas, físicas e biológicas (COGO et al., 2003). No contexto da região sul do Brasil ainda se observa uma predisposição a compactação devido aos tipos de solo predominante (Latossolo vermelho) (PELLEGRINI et al., 2016). Estes impactos têm comprometido seriamente a fertilidade e a produtividade destas propriedades, que em sua maioria, são de pequeno porte e de baixa tecnologia, pois menos da metade delas se utilizam de assistência técnica (IBGE, 2017; NOGUEIRA et al., 2004),

O sistema de plantio direto (PD), pode contribuir para a produção de milho para silagem porque busca conservar a estrutura do solo e o equilíbrio da microbiologia do solo (DEBIASI, BCT et al., 2018). Outra tecnologia importante que, além de mitigar a compactação, também auxilia na redução da temperatura na reestruturação física e biológica do solo é o manejo de cobertura verde (NOGUEIRA, 2019). Por fim, a tecnologia da inoculação com Azospirillum brasiliense, também pode ser proposta para o cultivo milho para silagem, uma vez que, para além dos ganhos de produtividade, este manejo é capaz de promover um aumento considerável da área radicular das plantas, aumentando também a taxa fotossintética melhorando a resistência da planta a fatores externos como pragas e doenças (HUNGRIA et al., 2011). Dentre as formas mais promissoras de se avaliar a sustentabilidade de um sistema de produção, está a obtenção dos chamados atributos biológicos do solo (PEREIRA et al., 2012).

A biomassa microbiana ou carbono da biomassa microbiana (C-BMS) é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo. É um atributo utilizado como um indicador de mudanças do solo causadas por determinado manejo (NOGUEIRA, 2016). A respiração basal do solo (RBS). Entendida como a soma de todas as funções metabólicas produtoras de C02, a RBS em associação com a C-BMS fornece o quociente metabólico do solo (qC02), utilizado para estimar a eficiência do uso de substrato pelos microrganismos do solo. Outro atributo que pode ser utilizado como um valor complementar é a

unidade formadora de colônia (UFC), que permite quantificar a densidade populacional microbiana do solo, auxiliando na identificação de fatores que interferem no equilíbrio microbiológico do solo (RAMOS et al, 2012).

Portanto o presente trabalho buscou avaliar tratamentos com distintas combinações de manejo do solo e da cultura do milho para silagem através da obtenção de atributos biológicos a fim de revelar qual preparo melhor mitiga o impacto deste tipo de cultivo sobre o solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em Toledo, PR, num Latossolo vermelho eutroférrico, clima tipo Cfa segundo a classificação de Köppen, em novembro de 2019, se iniciando com a demarcação e com a execução dos manejos de solo. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e 4 repetições, a saber: T1. Milho, Escarificação+Arado+Grade T2. Milho, Escarificação T3. Milho, Plantio direto T4. Milho consorciado com Guandu, Escarificação T5. Milho consorciado com Guandu, Plantio direto T6. Milho consorciado com Guandu, Escarificação, Inoculação T7. Milho consorciado com Guandu, Plantio direto, Inoculação.

A semeadura do milho e do feijão guandu (Cajanus cajan) foi realizada por semeadora de precisão (PST-2E). O milho inoculado foi inoculado com 200 ml de solução turva de bactérias diazotróficas (*A. brasiliensis*) por 20 Kg de sementes. Após duas semanas do plantio foi feito o manejo de plantas daninhas mecanicamente, com auxílio de enxada. e controle de formigas cortadeiras com iscas de fipronil.

Quando a cultura se encontrava em pleno florescimento, foi feita a coleta de solo em triplicata para as análises biológicas, da camada 0,1-0,2 m. Procedeu-se as análises de respiração basal do solo (RBS), seguindo o protocolo publicado pela Embrapa Agrobiologia (2007).

A análise do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi realizada segundo processo de fumigação e extração. O qCO2 foi obtido pela razão entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana do solo (RBS/C-BMS).

Para obtenção das UFC, 10g de solo úmido de cada amostra foram coletadas em um erlenmeyer de 250 mL contendo pérolas de vidro e 90,00 mL de solução salina esterilizada 0,85%. As soluções com o solo foram agitadas por 30 minutos em um orbital shaker, deixando precipitar por mais 30 minutos. Com o auxílio de uma micropipeta, uma diluição seriada foi estabelecida até a obtenção da concentração de trabalho 10-3. Desta diluição foi retirado, 100 □l de cada amostra, em quadruplicata para repicagem no meio de cultura Dygs com o auxílio da alça de Drigalsky. As placas foram incubadas em B.O.D. à 27 °C por aproximadamente 72 horas.

Os valores dos atributos biológicos foram submetidos ao teste de Tukey e ShapiroWilk a 5%, mas os dados não alcançaram a normalidade dos resíduos, então os dados foram submetidos a análise não paramétrica par a par pelo teste de Dunn a 5 %. Os dados também foram submetidos a modelagem por partição do tipo bayesiano, pertencente ao grupo dos métodos hierárquicos aglomerativos, que ordena os dados numa hierarquia de grupos procurando a maximização da probabilidade de cada agrupamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos biológicos não diferiram entre pelo teste tukey a 5% devido à grande variação encontrada entre os dados, o que pode ser constatado pelo alto valor do coeficiente de variação (CV%) (**Tabela 1**). Um dos fatores que podem

ter contribuído para estas variações foi o ataque maciço de formigas cortadeira que prejudicaram visivelmente o consórcio milho + feijão guandu. O controle com iscas de fipronil não foi capaz de reverter a situação e a ressemeadura do Guandu não pode ser realizada devido o fechamento das entrelinhas.

Outro fator agravante, foi que parte do local de instalação do experimento, acabou ficando alocada parcialmente em canal de terraço, fazendo com que uma repetição de cada tratamento do fator Escarificação ficasse prejudicado. A não diferença entre os manejos de revolvimento do solo e semeadura direta nos primeiros anos era esperada, pois deve se manifestar a longo prazo, contudo a simples paridade estatística dá vantagem ao SPD (PEIXOTO, et al., 2010; SOUZA et al., 2014). Como constatado por DE OLIVEIRA et al. (2009), o SPD possui uma relação benefício/custo maior que o convencional, pelo custo de operação, além é claro da mão-de-obra. Quanto ao incremento do consorcio do milho com o Guandu, no parâmetro CBM, houve um incremento nos valores para os tratamentos T5 e T7, indicando um trabalho por parte dos microrganismos do solo que será mantido pelo não revolvimento do solo e incremento de matéria orgânica do Guandu. Em experimento com 24 anos de plantio direto DEBIASI et al., 2013 observou que a compactação em SPD existe e permanece constante ao longo do tempo em todas as camadas, mas é insuficiente para provocar limitação do crescimento radicular das plantas. Lembrando que camadas compactadas também existem em sistemas convencionais, desta maneira, a melhoria do sistema se dá por práticas de cultivo que não destruam os bioporos existentes no solo (PELLEGRINI et al., 2016).

A inoculação também não diferiu do controle, mas, pode ser observado um incremento em todos os parâmetros, com exceção apenas de RBS para o T6, representando uma crescente atividade de microrganismos no sistema, essa inoculação estimulou os processos do solo, desencadeando uma maior liberação de nutrientes para as. Na **figura 1**, percebe-se através dos grupamentos uma relação entre os tratamentos que seguem os tipos de manejo de solo, por exemplo, os tratamentos 3, 5 e 7, referentes ao SPD, encontram-se unidos em CBM e UFC, e em RBS e QCO2 os tratamentos 3 e 5 permanecem unidos, afirmando sucesso no efeito dos tratamentos.

## CONCLUSÕES

O SPD é vantajoso para o sistema milhosilagem pois reduz os custos de implantação da lavoura;

O SPD é vantajoso para o sistema milhosilagem pois melhora as condições de carbono orgânico no solo;

Há de se tomar mais cuidado em trabalhos futuros para locar a área experimental e supervisionar esta para que não ocorram incidentes.

Por fim, o experimento será continuado esperando testemunhar a estabilização do SPD na área e assim constatar a real diferença entre os manejos.

**AGRADECIMENTOS**: Agradeço primeiramente a minha família que me apoiou em todos os momentos, ao Grupo de estudos e pesquisas FIXTEC, bem como nossa orientadora pelo conhecimento empregado neste projeto, parceria e auxílio em todas as situações pelas quais superamos neste contexto, Agradeço ainda ao Grupo de pesquisas Supra pelo suporte material, técnicos e outros profissionais que não citados mas, importantes de mesma forma para concretização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS


COGO, Neroli Pedro, Renato Levien, and Ricardo Altair Schwarz. "Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo." Revista Brasileira de Ciência do Solo 27.4 (2003): 743-753.

DEBIASI, BCT et al. A compactação do solo reduz a atividade microbiana sob sistema plantio direto. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

DEBIASI, Henrique et al. Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E), 2013.

DE OLIVEIRA, Marcelo Nascimento et al. Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG (Cerrado Brasileiro). Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, n. 1, p. 51-60, 2009.

HUNGRIA, Mariângela. Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E), 2011.

IBGE, Censo Agropecuário 2006/2017.

NOGUEIRA, Fernandes Elizabeth; MATHEUS, Bressan; DA SILVA, Verneque Rui. Zoneamento da pecuária leiteira da região sul do Brasil. Ciência Rural, 2004.

NOGUEIRA, Fernandes Elizabeth; MATHEUS, Bressan; DA SILVA, Verneque Rui. Zoneamento da pecuária leiteira da região sul do Brasil. Ciência Rural, 2004. Oliveira Filho, Francisco Xavier de, et al. "Compactação de solo cultivado com cana-de-açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte." Revista Ceres 63.5 (2016): 715-723.

PEIXOTO, R. S., et al. "A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado." Antonie van Leeuwenhoek 98.3 (2010): 403-413.

PELLEGRINI', André; MEINERZ, Gilmar Roberto; KAISER, Douglas Rodrigo. Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura-pecuária leiteira. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água, 2016.

PEREIRA, Jamil de Morais. Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

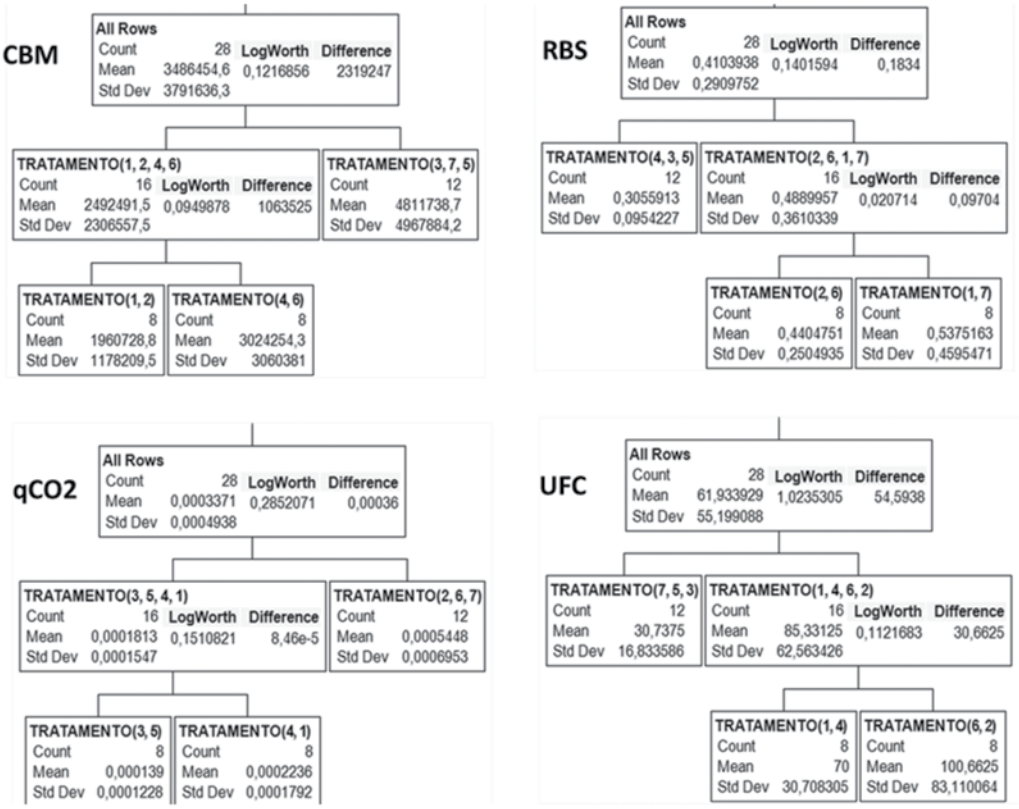
SOUZA ED, Costa SEVGA, Anghinoni I, Carneiro MAC, Martins AP, Bayer C. Soil quality indicators in a Rhodic Paleudult under long term tillage systems. Soil Till Res. (2014);139:28-36.

**Tabela 1** - Média dos valores de carbono da biomassa microbiana(cbm), Respiração basal do solo(rbs), Quociente metabólico do solo(qco2) e unidade formadora de colônias(ufc), obtidos de solos sob distintos preparos para o cultivo de milho para silagem.

| Tratamento | CBM (mgC.Kg-1solo) * | RBS (mgC-$CO_2$.$kg^{-1}$ solo.$h^{-1}$) * | QCO2 (%C) | UFC/g * |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 184.34$^{ns}$ | 0.45 ns | 2.38 ns | 6.8 x 10-4 ns |
| T2 | 207.80 $^{ns}$ | 0.42 ns | 4.52 ns | 12.5 x $10^{-4}$ $^{ns}$ |
| T3 | 417.86 $^{ns}$ | 0.31 ns | 0.85 ns | 4.7 x 10-4 ns |
| T4 | 275.78 $^{ns}$ | 0.23 ns | 2.08 ns | 7.1 x 10-4 ns |
| T5 | 605.30 $^{ns}$ | 0.37 ns | 1.92 ns | 2.7 x 10-4 ns |
| T6 | 329.06 $^{ns}$ | 0.45 ns | 5.18 ns | 7.9 x 10-4 ns |
| T7 | 420.35 $^{ns}$ | 0.62 ns | 6.63 ns | 1.7 x 10-4 ns |
| CV% | 108.7 | 70.9 | 146.4 | 89.2 |

*Medias que não diferiram significativamente pelo teste de Dunn a 5 %. ns: não significativo. T1 Semeadura convencional Escarificação+Arado+Grade), apenas milho. T2 - Revolvimento reduzido(Escarificação), apenas milho. T3 - Semeadura direta(SPD), apenas milho. T4 - Revolvimento reduzido(Escarificação), consórcio Milho+Feijão guandú. T5 - Semeadura direta(SPD), consórcio Milho+Feijão guandú. T6 - Revolvimento reduzido(Escarificação), consórcio Milho+Feijão guandú, Inoculado com *Azospirillum brasiliensis*. T7 - Semeadura direta(SPD), consórcio Milho+Feijão guandú, Inoculado com *Azospirillum brasiliensis*. CV% - Coeficiente de variação.

**Figura 1** - Modelagem por partição do tipo bayesiano.




(1)Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Síntese das Estimativas de Estoques de Carbono Orgânico do Solo na Região Central do Planalto do Rio Grande do Sul

Ana Caroline Messias de Magalhães[1]; Carlos Gustavo Tornquist[2]; José Igor Almeida Castro[3]

[1]Estudante de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS. ana_magalhaes@hotmail.com.br; [2]Professor do Depto. de Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3]Estudante de doutorado Depto. de Ciência do Solo, USP/ESALQ.

## INTRODUÇÃO

A mudança no ciclo do carbono, tem sido severamente influenciada pela mudança do uso e manejo do solo. A degradação do solo é responsável pela gradual redução do carbono orgânico do solo (COS), e consequente perda da qualidade, produtividade e funcionamento dos agroecossistemas (Lal et al., 2018). Como forma de restaurar o ecossistema degradado, Lal et al. (2018), citam como soluções, a escolha do melhor manejo, assim como, a recuperação das áreas que já se encontram em estado de deterioração. (Sá et al., 2017), definem como uma agricultura de baixo carbono aquela que opta pelo melhor manejo através da redução das emissões de gases de efeito estufa, aumento do sequestro de carbono e potencial de mitigação das emissões de $CO_2$.

Avaliar os estoques de carbono orgânico do solo (ECOS) nos diferentes ecossistemas é um trabalho oneroso, pela diversidade de cenários e condições ambientais especificas. Criar uma base de dados tem se mostrado um método mais simples e eficiente de compilar dados, a partir de estudos anteriores na região. Outros exemplos, tem mostrado a eficácia de produzir trabalhos com diversidade de dados, podendo ser empregado em resultados de grande escala (Tornquist, 2007; Dávila, 2016; Xiao et al., 2020)

No Brasil ainda há escassez de banco de dados com inventários de ECOS. Inventários de estoque de carbono orgânico do solo são importante ferramenta para quantificar os impactos causados pela mudança de uso e cobertura do solo, e auxiliar na tomada de medidas que visem reduzir a emissão de GEE e favorecer os serviços ecossistêmicos provindos do solo (Potma Gonçalves et al., 2018).

O objetivo desse trabalho foi refinar os estoques de carbono orgânico do solo da região central do Planalto do Rio Grande do Sul. E avaliar a concordância das estimativas dos valores globalmente padronizados pelo IPCC e os resultados compilados neste estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

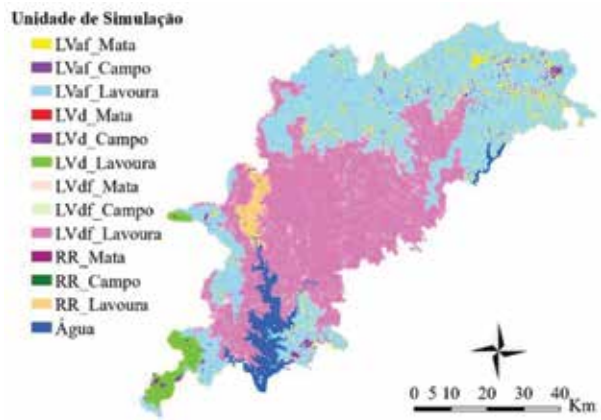
A área de estudo está situada na região central do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. O clima da região, é subtropical úmido (Cfa), com vegetação nativa de campos e Floresta Ombrófila Mista. A região tem importância econômica, atualmente quase totalmente utilizada em cultivos anuais. (Figura 1) Inicialmente, foi montada uma base de dados espacializada (BDGE),

em ambiente de geoprocessamento no ArcGIS versão 10.5. Para a determinação das classes de solo foi utilizado o material do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986). Os dados de vegetação original foram extraídos de Tornquist et al. (2007) e o uso e cobertura atual do solo foi utilizado do projeto MapBiomas v.4.0 de 2018 (Souza et al., 2020).

A base de dados foi construída a partir de uma revisão sistemática de trabalhos publicados em artigos, dissertações e teses. Foram estabelecidas 11 unidades de mapeamento, conforme a disponibilidade de dados referentes à classe e uso do solo. Foram calculados os ECOS a partir dos dados de teor de COS, densidade do solo e profundidade da camada amostradas, conforme recomendado por FAO (2019), coerente com IPCC (2019). As profundidades das camadas avaliadas foi 0-10, 0-20, 0-30 cm. Os trabalhos que não continham dados mensurados até 30 cm, foi considerado o valor de 0-20 cm, e a classe de solo Latossolo Vermelho Aluminoférrico sobre campo foi assumido o valor à classe similar, dos Latossolos Vermelhos Distroférricos. Após a revisão sistemática e compilação dos dados, o banco de dados ficou composto de 26 trabalhos disponíveis com ECOS para a região de estudo.

Tornquist et al. (2009), compararam os os ECOS com o método global genérico do Intergovernmental Panel on Climate (IPCC) (2006; 2019), Tier 1, que se baseia na classificação de grupos de solo e clima, para estimar os valores padrão do ECOS. Adicionalmente foram utilizados os dados do (IPCC, 2019), a fim de comparar se esse valor é coerente para ser usado na região.

Figura 1. Mapa da área de estudo e classes de solo utilizadas




maiores estoques sob vegetação nativa, assim como, a maior redução do ECOS, pela mudança do uso do solo. Esse resultado pode ser associado à textura e mineralogia. A profundidade dessa classe está em torno de 30 cm, apresenta alta fertilidade, baixa acidez e concentração de alumínio e predominantemente textura arenosa (IBGE, 1986). Portanto, tais propriedades podem favorecer a produção de biomassa vegetal, e posteriormente esse material orgânico será adicionado ao solo. Por evento da conversão de vegetação original para lavoura, a textura arenosa, pode favorecer a decomposição da MOS, e até atualidade não recuperou os estoques originais. Espera-se que os estoques de áreas sob lavoura sejam menores do que os original, porem o manejo melhorado aliado à fertilidade natural dessa classe, pode favorecer o aumento do ECOS. Tornquist (2007), simulou os ECOS futuros em RR na região de Ibirubá, no qual, o estoque sob lavoura superou os estoques originais.

Os Latossolos apresentaram ECOS sob áreas de lavoura similar aos observados da vegetação nativa. Isso pode ser atribuído às mudanças nas práticas de manejo. Tornquist (2007), relata o início do sistema de manejo conservacionista na década de 60, e a partir de 1992 foi difundido o SPD. Quando utilizadas boas práticas de manejo nos agroecossistemas, estes são potenciais

drenos de sequestro de carbono (Lal et al., 2018). Três fatores podem desencadear o aumento do valor do ECOS em torno de 50%, entre a camada 0-10 e 030. O aumento do teor de argila e densidade em profundidade no perfil, e à maior camada amostrada. As características mineralógicas do solo têm grande importância na dinâmica do COS. Os óxidos, presentes nos Latossolos favorecem a estabilização do COS (Gonçalves et al., 2017).

Tabela 1. Estoques de Carbono Orgânico do Solo por classe vegetação original e atual da região do Planalto Central, RS.

| Classe de solo | 0-10 | 0-20 | 0-30 |
|---|---|---|---|
| | ----------Mg C ha$^{-1}$---------- | | |
| LVaf | | | |
| Mata | 31,4 ±4.8 | 53,1 ±7.8 | 67,4 ±18.7 |
| Campo | 29,6 ±2.2 | 53,7 ±3.0 | 75,6 ±2.9 |
| Lavoura | 30,4 ± 3.0 | 53,9 ±3.3 | 59,8 ±8.8 |
| LVd | | | |
| Mata | 30,4 ±1.1 | 50,5 ±0.6 | 67,4 ±2.3 |
| Campo | 29,7 ±3.2 | 53,6 ±2.0 | 75,0 ±3.6 |
| Lavoura | 25,9 ±4.1 | 43,9 ±14.8 | 62,3 ±12.6 |
| LVdf | | | |
| Mata | 34,2 ±8.9 | 55,5 ±11.8 | 72,0 ±15.2 |
| Campo | 29,6 ±2.2 | 53,7 ±3.0 | 75,6 ±2.9 |
| Lavoura | 28,7 ±5.9 | 48,8 ±9.9 | 67,5 ±13.6 |
| RR | | | |
| Mata | 40,5 ±0 | 76,2 ±0.0 | 105,0 ±0 |
| Lavoura | 30,9 ±2.0 | 57,4 ±3.0 | 77,8 ±1.4 |

O solo sob vegetação nativa, é considerado como em estado de equilíbrio, sendo um importante reservatório de C. Dados disponíveis antes da conversão para áreas agrícolas são importantes para mensurar os impactos da mudança do uso do solo. Os dados de ECOS globais obtidos da metodologia do IPCC (2019), não compatibilizaram com os valores observados nesse estudo, os quais, a estimativa gerou dados grosseiros que não foram eficientes na estimativa do ECOS para a região, o valor foi subestimado em comparação aos dados compilados (Figura 2). Essa metodologia tem como limitação não agregar níveis categóricos, como o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, capaz de classificar a diversidade de classes de solo do Brasil. A classe dos Latossolos acabou sendo representada como um único valor de referência, de 38 Mg C ha$^{-1}$, não demonstrando as diferenças entre as propriedades desta classe, os Neossolos Regolíticos apresentaram uma maior diferença em relação ao valor referência de 40 Mg C ha$^{1}$. A nível regional, essa metodologia que agrega as classes de solo em grandes unidades, pode encobrir as condições ambientais do local, que podem influenciar nas características e dinâmica dos processos que ocorrem no solo, aumentando a incerteza. Portanto, é importante que haja uma validação com os dados mensurados. Ressaltando que, recomenda-se o uso desses valores em caso de ausência de dados medidos no campo.

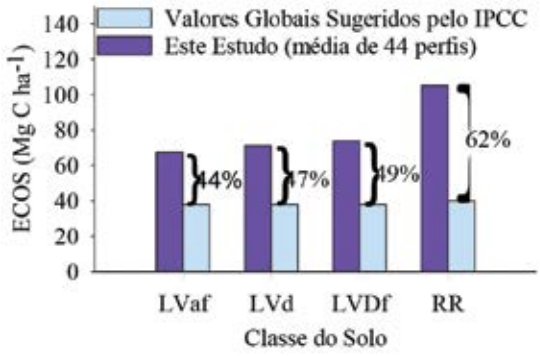



Figura 2. Estoque de Carbono Orgânico do Solo deste estudo, e os valores de padrão global do IPCC.

## CONCLUSÕES

A revisão sistemática neste trabalho, representa o banco de dados mais completo e abrangente existente para a região a Região Central do Planalto do Rio Grande do Sul.

Os valores de padrão global de ECOS sugeridos pelo IPCC, subestima as estimativas observadas na região.

## REFERÊNCIAS

Campos B-HC de. Dinâmica do carbono em latossolo vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas [Tese (Doutorado)]. Santa Maria, BR - RS: Universidade Federal de Santa Maria; 2006.

Dávila GAJ. Revisão das estimativas de estoques de carbono do solo em regiões do Rio Grande do Sul [Dissertação (Mestrado)]. Porto Alegre, BR-RS: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; 2016.

Debarba L. Simulação pelo modelo Century do impacto da agricultura no estoque de carbono orgânico de solos do Planalto Rio-Grandense [Tese (Doutorado)]. Porto Alegre, BR-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2002.

Denardin JE, Schaeffer R, Faganello A, Kochhann RA. Heterogeneidade física de um latossolo argiloso manejado sob sistema plantio direto. Heterogeneidade Física de Um Latossolo Argiloso Manejado Sob Sistema Plantio Direto. 2009:16

Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo Lemos RC de, Azolin MAD, ABRÃO PUR, DOS SANTOS MDCL, de Carvalho AP. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Primeira etapa, Planalto Rio-Grandense. Rio de Janeiro: 1967.

EMBRAPA. Estudo expedito de solos do estado do Rio de Janeiro para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. Rio de Janeiro: 1980.

Embrapa Floresta Reunião de Classificação, Correlação e Aplicação de Levantamentos de solos. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo, Paraná: 2000.

FAO. (PDF) Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems A scoping analysis for the Livestock Environmental A. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership work stream on soil carbon stock changes. Rome: 2019.

Ferreira A de O. Estoque de carbono em áreas pioneiras de plantio direto no Rio Grande do Sul [Tese (Doutorado)]. Santa Maria, BR - RS: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.

Gonçalves DRP, Sá JC de M, Mishra U, Cerri CEP, Ferreira LA, Furlan FJF. Soil type and texture impacts on soil organic carbon storage in a sub-tropical agroecosystem. Geoderma. 2017;286:88-97.

IBGE. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, geomorfologia, vegetação, uso potencial da terra. 1986.

IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland: IPCC: 2019.

Jantalia CP. Estudo de sistemas de uso do solo e rotações de culturas em sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e carbono no sistema solo - planta - atmosfera [tese (Doutorado)]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2005.

Klamt E. Morfologia, Gênese e Classificação de Alguns Solos do Município de Ibibubá e Regiões onde Ocorrem [Tese (Doutorado)]. Porto Alegre, BR-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1969.

Lal R, Smith P, Jungkunst HF, Mitsch WJ, Lehmann J, Nair PKR, McBratney AB, de Moraes Sá JC, Schneider J, Zinn YL, Skorupa ALA, Zhang H-L, Minasny B, Srinivasrao C, Ravindranath NH.

The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. Journal of Soil and Water Conservation. 2018;73:145A-152A.

Marcolin CD, Klein VA. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. Acta Sci Agron. 2011;33:349-54.

Nunes MCM. Erosão hídrica em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul [Tese (Doutorado)]. Porto Alegre, BR-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.

Nunes MCM, Cassol EA. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul. Rev Bras Ciênc Solo. 2008; 32:2839-45.

Potma Gonçalves DR, Carlos de Moraes Sá J, Mishra U, Ferreira Furlan FJ, Ferreira LA, Inagaki TM, Romaniw J, de Oliveira Ferreira A, Briedis C. Soil carbon inventory to quantify the impact of land use change to mitigate greenhouse gas emissions and ecosystem services. Environmental Pollution. 2018; 243:940-52.

Sá JC de M, Lal R, Cerri CC, Lorenz K, Hungria M, de Faccio Carvalho PC. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. Environment International. 2017; 98:10212.

Sisti CPJ. Influência de sistemas de preparo do solo e manejo de culturas sobre o estoque de carbono e nitrogênio do solo em diferentes condições agrícolas [Tese (Doutorado)]. Serópedica, BR-RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2001.

Sisti CPJ, dos Santos HP, Kohhann R, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. Soil and Tillage Research. 2004; 76:39-58.

Souza CM, Z. Shimbo J, Rosa MR, Parente LL, A. Alencar A, Rudorff BFT, Hasenack H, Matsumoto M, G. Ferreira L, Souza-Filho PWM, et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing. 2020; 12:2735.

Tornquist CG. Simulação da Dinâmica do Carbono Orgânico do Solo em Escala Regional: Aplicação do Modelo Century e Sistemas De Informações Geográficas [Tese (Doutorado)]. Porto Alegre, BR-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

Walter MKC. Análise do Estoque de Carbono em Sistemas Agrícolas e Florestais em Passo Fundo e Frederico Westphalen, Rs [Tese (Doutorado)]. Campinas BR-SP: Universidade Estadual de Campinas; 2012.

Weiler DA. Biomassa, estoques de carbono e gases de efeito estufa em sistemas de manejo e cenários climáticos futuros [Tese (Doutorado)]. Porto Alegre, BR-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2016.

Xiao L, Zhou S, Zhao R, Greenwood P, Kuhn NJ. Evaluating soil organic carbon stock changes induced by no-tillage based on fixed depth and equivalent soil mass approaches. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2020; 300:106982.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Transferências de Nitrogênio, Fósforo e Potássio por Escoamento Superficial Durante Eventos de Chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé

Ana Paula Levandoski [1]; Davi Elias Köefender [2]; Liana Dambros [2]; Carlos Eduardo Linhares Feitosa[3]; Rafael Ramon[3]; Danilo Rheinheimer dos Santos[4]; Jean Paolo Gomes Minella[4]; Tales Tiecher[5]; Cláudia Alessandra Peixoto de Barros[5]

[1]Estudante de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540000, Porto Alegre, RS, Brasil, anapaula.levandoski@gmail.com; [2]Estudante de Agronomia, UFRGS; [3]Estudante de Doutorado, UFRGS; [4] Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria; [5]Professor (a) Adjunto (a), Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## INTRODUÇÃO

O manejo inadequado das áreas agrícolas e o desrespeito a aptidão de uso do solo têm proporcionado intensificação dos processos erosivos em bacias hidrográficas (Didoné et al., 2015). A ocorrência de eventos de chuva cada vez mais intensos decorrentes das mudanças climáticas potencializa a erosão hídrica, provocando perdas de solo, água e resíduos de agrotóxicos (Rheinheimer dos Santos et al., 2020) e, concomitantemente, dos elementos químicos, em especial, daqueles aportados via fertilização que são escassos para as plantas no solo. O problema é agravado em ambientes frágeis, especialmente, em paisagens acidentadas e solos pouco profundos. O escoamento superficial é maximizado e transfere grandes quantidades de elementos químicos aos recursos hídricos. Além disso, solos com níveis de disponibilidade de nutrientes acima do nível crítico, as quantidades solúveis podem ser elevadas o suficiente para desencadear processos de eutrofização, agregando problemas socioambientais às perdas econômicas (Pellegrini et al., 2008; Merten et al., 2015).

Solutos e materiais particulados tendem a exibir respostas diferenciadas para a mudança da descarga líquida (Q) na alteração da concentração dos nutrientes (C) (Bender et al., 2018; Barros et al., 2020)A descarga do soluto pode variar conforme a magnitude dos eventos de chuva, bem como da estação do ano que incorpora os efeitos do uso e manejo dos solos.

Os estudos das relações entre vazão e solutos em escala de bacia hidrográfica são fundamentais, pois permitem um planejamento de práticas eficazes na redução do escoamento e do manejo dos insumos (fertilizantes e agrotóxicos).

Dessa forma, o trabalho teve como objetivo quantificar as perdas de N, P e K na forma dissolvida e particulada, e relacionar com as variáveis hidrológicas e sedimentológicas da bacia hidrográfica do rio Guaporé.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Guaporé (área de drenagem de 2030 km$^2$), localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul (RS), com seção de monitoramento situada nas coordenadas 28°54'41"S e 51°57'10"W (Figura 1). A bacia hidrográfica abrange parte das regiões fisiográficas do platô médio (terço superior da bacia) e a encosta inferior do nordeste (terços intermediários e médios da bacia) do RS.

De acordo com a classificação de Köppen o clima é Cfb (subtropical superúmido, mesotérmico com verões frescos, sem estação seca e com geadas severas frequentes no inverno). A precipitação é bem distribuída anualmente variando de 1400 a 2000 mm e com temperatura média de 17,4°C (Dalbianco et al., 2017).

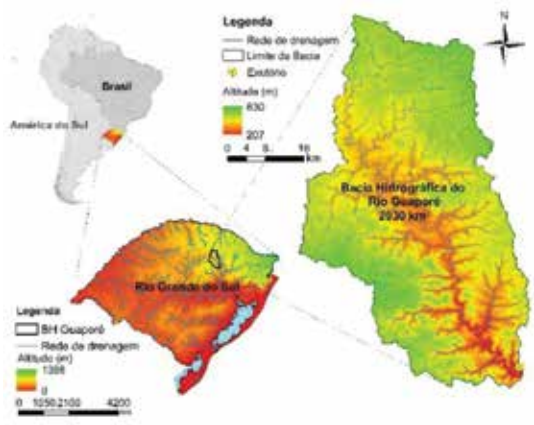



Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Guaporé.

O relevo varia de declives suaves a topografia montanhosa. Os tipos de solos predominantes são Argissolos, Nitossolos e Neossolos, podendo ser encontrados também Latossolos, Luvissolos e Chernossolos (Gall et al., 2017). O uso e manejo do solo é heterogêneo, composto por áreas de florestas (58%), cultivo agrícola (31%) e pastagens nativas (10%), sendo que os recursos hídricos cobrem aproximadamente 0,57% da área total. Os cultivos predominantes na parte norte da bacia são soja (*Glycine max* L. Merr.) e milho (*Zea mays* L.) cultivados no verão e trigo (*Triticum aestivum* L.) durante o inverno sob sistema plantio direto (Gall et al., 2017). Já na parte sul da bacia há predomínio do cultivo de tabaco (*Nicotiniana tabacum* L.) nas áreas declivosas com diferentes sistemas de preparo de solo. Há também áreas com reflorestamento de eucalipto (*Eucalyptus* spp.), pastagens nativas e erva-mate (*Ilex paraguaiensis* A. St.-Hil.). Nessa bacia hidrográfica encontra-se uma das maiores densidades de suínos e aves do mundo, além de bovinos de leite.

### Monitoramento hidrossedimentométrico

O monitoramento foi realizado através de equipamentos automáticos que registram dados de vazão (Q), concentração de sedimentos em suspensão (CSS) em intervalos de 10 em 10 minutos. A precipitação foi medida através dos postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) com registros em intervalos de 24 horas.

#### *Amostragem e eventos selecionados*

As amostras foram coletadas durante eventos de chuva, de forma pareada, uma para determinar a CSS e outra para análise dos elementos químicos.

Foram utilizados dados de oito eventos de chuva, sendo: 21/07/2011 (1), 01/10/2011 (2), 06/07/2012 (3), 19/09/2012 (4), 02/10/2012 (5), 12/03/2013 (6), 24/08/2013 (7) e 20/09/2013 (8).

#### *Análise da CSS e dos teores de N, P e K*

A CSS foi realizada utilizando-se o método de evaporação proposto por Shreve & Downs (2005). Para determinar as concentrações dos elementos químicos (C) na fase dissolvida foi retirada uma alíquota de cada amostra de água + sedimento e filtradas a 0,22 µm de porosidade.

Os teores de $NNO_3^-$ foram medidos por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) e os teores de $P\text{-}PO_4^{-3}$ e $K^+$ dissolvidos como na forma particulada (P e K) foram quantificados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-

OES Perkin-Elmer). Os teores totais (água+sedimento) foram determinados após digestão com água-régia (USEPA, 1996). A concentração desses nutrientes na forma particulada foi obtida pela diferença entre as concentrações totais e dissolvidas.

### *Análise dos dados*

A separação dos escoamentos foi calculada pelo método da base fixa (Chow et al.,1988), separandose o escoamento superficial e o de base. O coeficiente de escoamento superficial (C%) foi obtido pela razão entre o volume escoado superficialmente (mm) e a precipitação total (PPT).

O valor total de perdas de nutrientes (kg $ha^{-1}$) foi calculado pela descarga de nutrientes (kg $s^{-1}$), multiplicado pela concentração do nutriente (mg ou µg $L^{-1}$) pela Q (L $s^{-1}$). As perdas totais dos nutrientes foram feitas em relação a área total da bacia (100% - 2030 $km^2$) e em razão da porcentagem da área de cultivo agrícola da bacia (31% - 629,3 $km^2$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise hidrossedimentológica

As principais características dos eventos de chuva analisados de 2011 a 2013 são apresentados na **tabela 1**. O pico da vazão variou de 27,15 $m^3$ $s^{-1}$ no evento de 01/10/2011 com PPT de 21 mm (C=1,4%) a 980,15 $m^3$ $s^{-1}$ no evento do dia 24/08/2013 com PPT de 120 mm (C=26,6% ); enquanto a CSS variou de 7 a 700 mg $L^{-1}$, respectivamente. Destaca-se o evento do dia 21/07/2011 que teve a maior $Q_{máx}$ (1061,8 $m^3$ $s^{-1}$) onde nesse dia não houve registro pelo sensor e as cotas foram obtidas por meio de observações realizadas durante o evento de chuva.

**Tabela 1**. Variáveis hidrossedimentológicas observadas durante os eventos de 2011 a 2013 na bacia do rio Guaporé.

| EV | PPT | Esc. Superf. | $Q_{máx}$ | C | $CSS_{máx}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | -----mm---- | | $m^3$ $s^{-1}$ | % | mg $L^{-1}$ |
| 1 | 93 | * | 1061,8 | * | 250 |
| 2 | 21 | 0,3 | 27 | 1 | 7 |
| 3 | 96 | 10 | 211 | 10 | 430 |
| 4 | 120 | 32 | 942 | 27 | 600 |
| 5 | 67 | 11 | 503 | 16 | 430 |
| 6 | 97 | 3 | 224 | 3 | 320 |
| 7 | 174 | 28 | 980 | 16 | 700 |
| 8 | 100 | 10 | 500 | 10 | 250 |

EV=Evento, PPT=precipitação total, Esc.Superf.= escoamento superficial; $Q_{máx}$=vazão máxima, C=coeficiente de escoamento, $CSS_{máx}$=concentração de sedimentos em suspensão máxima; *dados não disponíveis.

### Perda de nutrientes

Um único evento pluviométrico, 21/07/2011, transferiu o equivalente a 1,14 kg $ha^{-1}$ de K total, 0,54 kg $ha^{-1}$ de N total, e 0,07 kg $ha^{-1}$ de P total, considerando a área total da bacia de 2030 $km^2$ (**Tabela 2**). Assumindo-se que apenas 31% da área da bacia hidrográfica é ocupada pelos cultivos, os valores passam a ser de 3,66; 1,73 e 0,21 kg $ha^{-1}$ para K, N e P (totais), respectivamente (**Tabela 2**).

As perdas de elementos químicos estão relacionadas aos eventos de chuva e das quantidades e formas que eles se encontram no solo. As perdas de N, embora possam ocorrer na forma particulada pela presença em compostos orgânicos, a maior parte é transferido na forma de íons $NH_4^+$ e $NO_3^-$, ambos solúveis e, portanto, diretamente relacionados a sua concentração na solução do solo e a quantidade de água escoada, inclusive, subsuperficialmente. Chen et al. (2012) encontraram padrões contrastantes no comportamento do nitrato e amônio no evento de chuva, refletindo em diferentes fontes e meca-

nismos de transporte, revelando forte relação da dinâmica do N com as características hidrológicas da bacia hidrográfica.

Por outro lado, as concentrações dos íons fosfato ($HPO_4^{-1}$ e $H_2PO_4^{2}$) na solução são praticamente desprezíveis sob ponto de vista quantitativo. Desse modo, as quantidades desse nutriente transferida é dependente da quantidade das formas inorgânicas adsorvido aos coloides e das formas orgânicas fazendo parte da matéria orgânica e, principalmente, também adsorvida (Pellegrini et al., 2008; Zafar et al., 2016). As perdas de $K^+$ (forma dissolvida) se reflete em parte ao efeito das variáveis hidrológicas, presença natural no solo e em locais onde o uso e manejo do solo é inadequado (Barros et al., 2020).

**Tabela 2.** Quantidade de NPK totais perdidos durante os eventos de 21/07/2011 a 24/10/2013.

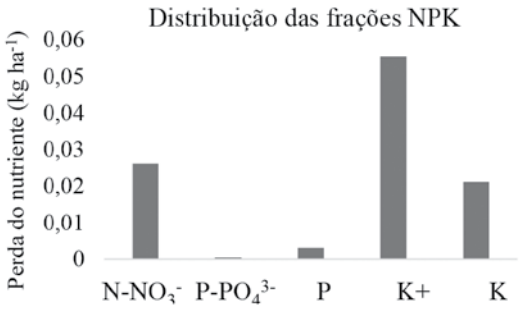
| EV | N total | | P total | | K total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Área | | Área | | Área | |
| | Bacia | Agrícola | Bacia | Agrícola | Bacia | Agrícola |
| | kg ha$^{-1}$ | | | | | |
| 1 | 0,54 | 1,73 | 0,07 | 0,21 | 1,14 | 3,66 |
| 2 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,0005 | 0,02 | 0,05 |
| 3 | 0,27 | 0,86 | 0,02 | 0,06 | 0,30 | 0,96 |
| 4 | 0,31 | 1,01 | 0,07 | 0,21 | 0,95 | 3,07 |
| 5 | 0,30 | 0,95 | 0,05 | 0,16 | 0,62 | 2,01 |
| 6 | 0,14 | 0,45 | 0,02 | 0,06 | 0,14 | 0,46 |
| 7 | * | * | 0,01 | 0,04 | 2,44 | 7,86 |
| 8 | * | * | 0,05 | 0,15 | 0,66 | 2,14 |

*Sem dados.

## Análise da transferência de N, P e K

A figura 2 mostra a média das frações particuladas e dissolvidas de N, P e K dos oito eventos.

**Figura 2.** Distribuição dos nutrientes perdidos na forma dissolvida e particulada durante os oito eventos de chuva.




Observa-se que a maior parte das perdas ocorreu na forma dissolvida, o que acompanhou a magnitude da $Q_{máx}$ independentemente do aumento da CSS. O P variou conforme o aumento da CSS. Bender et al. (2018) avaliando a dinâmica do P em uma microbacia com características semelhantes observou alta correlação do P com a CSS. O N total não aumentou com o aumento da $Q_{máx}$, que pode ser atribuído ao padrão de diluição além das diversas fontes exógenas (fertilizantes, deposição atmosférica) (Rose et al., 2018). A transferência de $K^+$ foi preferencialmente na forma dissolvida, tendo aumento com a $Q_{máx}$, independentemente da CSS.

## CONCLUSÕES

As maiores perdas dos nutrientes totais (P e K) estiveram diretamente relacionadas com a magnitude dos eventos de chuva-vazão-sedimento.

Nutrientes com alta disponibilidade no solo como o K, foram transferidos preferencialmente na forma dissolvida, enquanto o N não foi influenciado pela magnitude da $Q_{máx}$ e da CSS.

**AGRADECIMENTOS:** À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado. Ao laboratório de química do solo e hidrossedimen-

tologia da UFSM pelo apoio, coleta e análises das amostras. Ao FINEP e a FAPERGS pelo apoio financeiro. Ao programa de pósgraduação em Ciência do Solo da UFRGS e ao grupo de pesquisa IRGEB por todo apoio.

## REFERÊNCIAS

Barros CAP de, Tiecher T, Ramon R, Santos DR dos, Bender MA, Evrard O, Ayrault S, Minella JPG. Investigating the relationships between chemical element concentrations and discharge to improve our understanding of their transport patterns in rural catchments under subtropical climate conditions. Sci Total Environ. 2020;748:141345. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141 345.

Bender MA, dos Santos DR, Tiecher T, Minella JPG, de Barros CAP, Ramon R. Phosphorus dynamics during storm events in a subtropical rural catchment in southern Brazil. Agric Ecosyst Environ. 2018;261:93-102.doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.004.

Chen N, Wu J, Hong H. Effect of storm events on riverine nitrogen dynamics in a subtropical watershed, southeastern China. Sci Total Environ. 2012; 431:357365. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.05.072.

Chow, V. TE, Maidment, D.R., Mays, L.W. In: McGraw-Hil (Ed.), Aplied Hydrology, 1988.

Dalbianco L, Ramon R, Barros CAP de, Minella JPG, Merten GH, Didoné EJ. Sampling strategies to estimate suspended sediment concentration for turbidimeter calibration. Rev Bras Eng Agríc E Ambient.2017;21:884-9. doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v21n12p884-889.

Didoné EJ, Minella JPG, Merten GH. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. J Soils Sediments. 2015;15:2334-46. doi.org/10.1007/s11368015-1160-0.

Gall ML, Evrard O, Dapoigny A, Tiecher T, Zafar M, Minella JPG, Laceby JP, Ayrault S. Tracing Sediment Sources in a Subtropical Agricultural Catchment of Southern Brazil Cultivated With Conventional and Conservation Farming Practices; John Wiley & Sons, Ltd; 2017 [cited 2020 Sep 4]. onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.2662.

Merten GH, Araújo AG, Biscaia RCM, Barbosa GMC, Conte O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. Soil Tillage Res. 2015;152:85-93. doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014.

Pellegrini JBR, Santos DR do, Gonçalves CS, Copetti ACC, Bortoluzzi EC. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. Rev Bras Ciênc Solo. 2008;32:2639-46. doi.org/10.1590/S01000683200800070005.

Rheinheimer dos Santos D, Monteiro de Castro Lima JA, Paranhos Rosa de Vargas J, Camotti Bastos M, Santanna dos Santos MA, Mondamert L, Labanowski J. Pesticide bioaccumulation in epilithic biofilms as a biomarker of agricultural activities in a representative watershed. Environ Monit Assess. 2020;192:381. doi.org/10.1007/s10661-020-08264-8.

Rose LA, Karwan DL, Godsey SE. Concentrationdischarge relationships describe solute and sediment mobilization, reaction, and transport at event and longer timescales. Hydrol Process. 2018;32:2829-44. doi.org/10.1002/hyp.13235.

Shreve, E.A & Downs, A.C. Quality-assurance Plan for the Analysis of Fluvial Sediment by the U.S. Geological Survey KentuckyWater Science Center Sediment Laboratory. Geol. Surv. Open-File Rep.- 1230. p. 35, 2005.

U.S. EPA, EPA Method 3050B, Revision 2: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Washington, DC.005, 1996.

Zafar M, Tiecher T, de Castro Lima JAM, Schaefer GL, Santanna MA, dos Santos DR. Phosphorus seasonal sorption-desorption kinetics in suspended sediment in response to land use and management in the Guaporé catchment, Southern Brazil. Environ Monit Assess. 2016;188:643. doi.org/10.1007/s10661-016-5650-3.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Uso do SPAD para monitoramento da atividade fotossintética de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a Estresse Hídrico

Natália Fernandes Rodrigues[1]; Germana de Oliveira Carvalho[2]; Silvio Roberto de Lucena Tavares[3]; Guilherme Kangussu Donagemma[4]; Eliane de Paula Clemente[5]

[1]Estudante de Graduação, Universidade Federal Fluminense, Rua Doutor Mário Viana, 359, Niterói-RJ, CEP 24241000, nataliafernandes@id.uff.br; [2] Estudante de Pós-Graduação, Universidade Federal Fluminense; [3][4][5]Pesquisador, Embrapa Solos.

## INTRODUÇÃO

O déficit hídrico promove diversas alterações biométricas e fisiológicas nas culturas agrícolas, como fechamento parcial dos estômatos, a redução na condutância estomática pela menor eficiência aparente de carboxilação da fotossíntese, o aumento do potencial hídrico foliar, a redução do diâmetro do colmo e área foliar, Marcos et al. (2018), oxidação dos experimentos fotossintéticos e de proteínas e maior extravasamento de eletrólitos (MACHADO et al., 2009). Dependendo da intensidade e severidade do estresse, este pode comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas, diminuindo assim a produção e qualidade das gramíneas.

No solo, a água provoca alterações fisicoquímicas e essas mudanças alteram o pH, interferindo na dinâmica de disponibilidade de alguns nutrientes, tais como o nitrogênio, de acordo com Scivittaro e Machado (2004). Aproximadamente 70% do nitrogênio nas plantas está presente na síntese e na estrutura das moléculas de clorofila, pigmento responsável pela captura da luz utilizada na fotossíntese, sendo elas imprescindíveis para a fase fotoquímica que objetiva converter a energia luminosa em energia química (ARGENTA et al., 2004).

Nesse cenário, uma das formas de avaliar indiretamente o nitrogênio nas plantas é através de leituras SPAD realizadas por clorofilômetros portáteis que estimam o estado de nitrogênio na planta de acordo com a intensidade do verde das folhas uma vez que o teor de clorofila é correlacionado com a concentração de nitrogênio (MARENCO e LOPES, 2007).

O presente trabalho avaliou a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida ao estresse hídrico através da quantificação indireta de N pelo índice SPAD.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense - UFF, no município de Niterói/RJ (22°54'00'S; 43°08'00"W e alt.: 8 m), no período de 16 de Julho de 2019 a 10 de Fevereiro de 2020.

O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 4 $dm^3$. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de tex-

tura argilosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental apresentou um arranjo fatorial constituído por 6 tratamentos, 5 níveis irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo - CC) com 4 repetições, totalizando 120 unidades experimentais. Os tratamentos foram: Testemunha (TT), Calcário dolomítico incorporado (CD), Agrosilício Mg incorporado (AMG), Calcário incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (CMG), Agrosilício Plus incorporado (AP) e Agrosilício Plus incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (APMG). Sendo calculados através da análise do solo experimental e das doses recomendadas pelos fabricantes, visando a correção da acidez do solo pelo método de saturação de bases.

O experimento foi conduzido seguindo-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os produtos comerciais, e nas subparcelas as lâminas de água avaliadas no delineamento inteiramente ao acaso.

No estágio inicial do experimento foram realizadas irrigações considerando 70% da CC em todos os tratamentos, de modo a assegurar uniformidade de germinação e completo estabelecimento das forrageiras nos vasos. Ao final do primeiro ciclo (45 dias), as plantas foram cortadas numa altura de 10 cm, sendo, então, aplicadas as lâminas de irrigação diferenciadas, utilizando-se o sistema de pesagens de vasos, que se estendeu até o final da condução do experimento. Todos os tratamentos foram submetidos a 4 ciclos de 45 dias, sendo o primeiro desprezado, com cortes de material vegetal e análise dos macros e micronutrientes.

Visando a garantia do bom desenvolvimento da cultura, após a semeadura, todos os vasos receberam uma adubação adicional de solução nutritiva contendo N, P, K, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, segundo a recomendação de Furnali et al (1999) modificado pela Embrapa Solos para esta cultura específica.

As leituras SPAD foram realizadas através do clorofilômetro SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development) a cada período de 7 dias corridos. Cada unidade experimental foi mensurada através da média de 3 medidas em folhas distintas visando obter valores homogêneos. As leituras SPAD foram realizadas a cada ciclo, acompanhando-se o desenvolvimento da gramínea, totalizando em média 136 medições por nível de irrigação cada ciclo.

Ao final de cada ciclo, toda a massa verde colhida nas amostras simuladas foi acondicionada em sacos de papel, devidamente identificada, e imediatamente pesada. Em seguida, as amostras foram colocadas para secar a 65 °C, em estufa com circulação forçada de ar, por um período de 72 horas ou até obter peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente e, depois de moídas, encaminhadas para análises químicas pelo método semimicro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995) visando obter os teores de Nitrogênio (N) na parte aérea da Braquiária.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as variáveis qualitativas submetidas ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do software estatístico SISVAR e as quantitativas, a análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a relação entre as leituras SPAD e os níveis de irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da CC) foi realizado o método da regressão linear. O modelo que apresentou maior coeficiente de regressão foi o ajuste polinomial. Sendo assim, tal ajuste foi realizado para cada ciclo, totalizando 3 polinômios.

A Figura 1 apresenta o ajuste polinomial para o ciclo 1. Nota-se valores mais altos de leitura SPAD à 20% e 40% da CC, havendo um declínio entre 60%, 80% e 100% da CC.

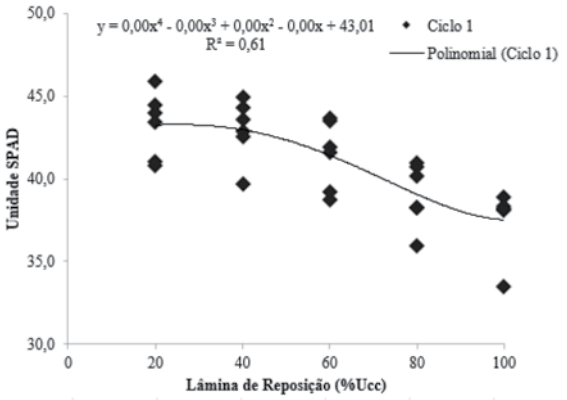



Figura 1. Valores de SPAD ciclo 1.

A Figura 2 apresenta o ajuste para o ciclo 2, no qual o declínio se mostra mais acentuado. O nível contendo 20% da CC novamente apresentou valores mais altos, seguido de 40%. da CC. Comparando-se com o ciclo 1, as médias dos valores obtidos em todos os níveis se encontram em intervalos mais baixos.

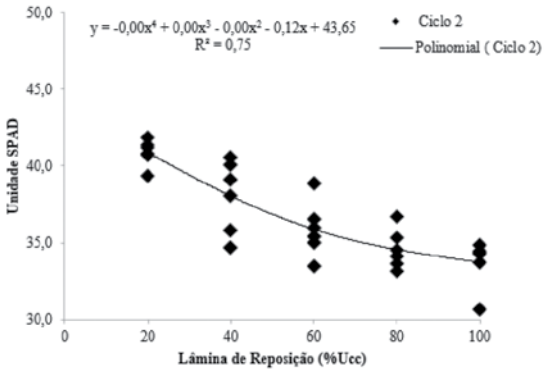



Figura 2. Valores de SPAD ciclo 2.

A Figura 3 apresenta o ajuste para o ciclo 3. Neste gráfico fica nítido que houve um declínio mais acentuado de valores SPAD para a lâmina 100% da CC. Provavelmente, esse declínio se deve a uma possível saturação dos vasos, por não possuírem sistema de drenagem (furos), e consequentemente nos tratamentos de menor desenvolvimento vegetal, acarretou ao longo dos ciclos, uma menor evapotranspiração. Essa saturação pode ter ocasionado um impedimento de barreira física que não permitiu um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas submetidas a esse nível de reposição de água de irrigação.

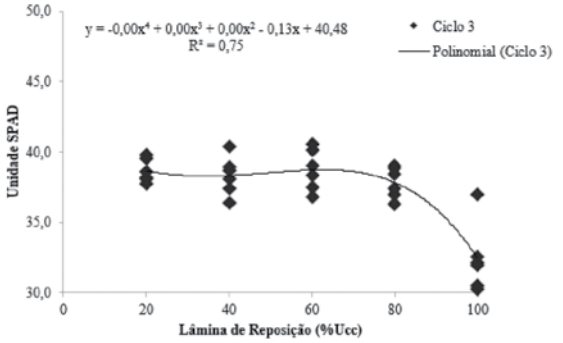



Figura 3. Valores de SPAD ciclo 3.

Tais dados estão de acordo com o observado por Santos et al. (2013) em seu estudo sobre gramíneas tropicais submetidas a estresse hídrico. Eles também identificaram que houve diferença nas leituras SPAD nos níveis 25% e 100% da CC, sendo o de 25% o que apresentou valores mais altos e o de 100% mais baixos, o que indica diferentes mecanismos de respostas da gramínea ao déficit.

Os dados referentes ao Nitrogênio Total para cada ciclo estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Nitrogênio Total (NT).

| Lâmina | NT ciclo 1 | NT ciclo 2 | NT ciclo 3 |
|---|---|---|---|
| % | ----------g.Kg$^{-1}$.vaso$^{-1}$---------- | | |
| 100 | 0,50 a | 0,16 c | 0,18 b |
| 80 | 0,45 ab | 0,17 bc | 0,22 bc |
| 60 | 0,42 b | 0,30 a | 0,29 a |
| 40 | 0,33 c | 0,31 a | 0,27 ab |
| 20 | 0,20 d | 0,22 b | 0,19 b |
| CV (%) | 25,44 | 28,12 | 30,42 |

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nota-se que a lâmina de 20% da CC apresentou valores mais baixos no ciclo 1 e 3, possivelmente se deve ao fato da gramínea estar sob condição de maior estresse hídrico. Submetida a essas condições, a planta, como mecanismo de sobrevivência, promove o fechamento dos aparatos estomáticos. As taxas fotossintéticas diminuem, consequentemente, interferindo em seu crescimento e absorção de nutrientes.

Tais resultados também foram observados por Magalhães et al. (2016) estudando os efeitos dos níveis de estresse hídrico em Sorgo. Esses autores constataram que estresses mais elevados apresentaram maiores teores de nitrogênio, enquanto que estresses médios ou amenos não causaram efeitos significativos.

## CONCLUSÕES

A tendência das maiores leituras do índice SPAD da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentam-se nos níveis de menores disponibilidades hídricas (20% e 40% da CC);

O SPAD se mostrou eficiente para avaliar indiretamente o teor de nitrogênio na gramínea submetida à estresse hídrico.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores expressam seu agradecimento à Embrapa, à HARSCO e à Universidade Federal Fluminense que proporcionaram a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. Ciência Rural, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; Informação Tecnológica, 353 p., 2013.

FURLANI PR; SILVEIRA LCP; BOLONHEZI D; FAQUIN V. 1999. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC. 52p. (Boletim Técnico, 180).

MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V., MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G.A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p. 1575-1582, 2009.

MARCOS, F.C.C.; SILVEIRA, N.M.; MOKOCHINSKI, J.B.; SAWAYA, A.C.H.F.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, E.C.; SOUZA, G.M.; LANDELL, M.G.A.; RIBEIRO, R.V.. Drought tolerance of sugarcane is improved by previous exposure to water déficit. Journal of Plant Physiology, v.223, p. 9-18, 2018.

MAGALHÃES, P. C.; SIMEONE, M. L. F.; CARNEIRO, N. P.; GOMES JÚNIOR, C. C.; SOUZA, T. C. de; OLIVEIRA, A. C. de; FONSECA, T. M de. Efeitos de Diferentes níveis de estresse hídrico na caracterização ecofisiológica de genótipos de sorgo. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Bento Gonçalves, RS, 2016.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007.

SANTOS, C. C.; SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J. A.; SANTOS, T. de F. S.; MATOS, D. S. Gramíneas tropicais submetidas ao estresse hídrico. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, 2013.

SCIVITTARO, V. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR, A.M. (eds). Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica. Cap.9, p. 259-303, 2004.

Software SISVAR. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/en/softwares/sisvar_en.html> Acesso em 01 de Setembro. 2020.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, n. 5, 174 p., 1995.

Seção 7

# Química e mineralogia do solo



XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Alterações De Silício No Solo Por Cultivos Anuais

Luana Dalacorte[1]; Helena Trindade da Silva[2]; Lara Ranzi[3]; Edson Campanhola Bortoluzzi[4]

[1]Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo fundo - UPF, BR 285, São José, Passo Fundo - RS, 99052-900, luanadalacorte@hotmail.com; [2]Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UPF; [3] Acadêmica do curso de Agronomia - UPF; [4] Professor Pesquisador Titular I da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Pesquisador do CNPq, nível 2.

## INTRODUÇÃO

A presença de Silício (Si) em compartimentos do ecossistema depende de fatores ambientais tais como: clima, topografia, material parental do solo, tempo de intemperismo e fatores bióticos (i.e. vegetação e microrganismos) bem como o uso e o manejo do solo (ALEXANDRE et al., 1997; SOMMER et al., 2006; STREET-PERROTT; BARKER, 2008; ALEXANDRE et al., 2011; WHITE et al., 2012).

O ciclo biogeoquímico do Si no sistema rocha/solos/vegetação interfere na evolução mineralógica desses compartimentos, bem como é afetada também pela atividade humana (CORNELIS; DELVAUX, 2016). Em terras cultivadas, acredita-se que o ciclo do Si seja influenciado pela exportação de Si do solo pela colheita de grãos, o que pode reduzir o armazenamento de fitólitos relativamente solúveis na camada superficial do solo (VANDEVENNE et al., 2012).

Estudos sobre a ciclagem de silício já foram realizados (ALEXANDRE et al., 1997; SOMMER et al., 2006; STREET-PERROTT; BARKER, 2008; ALEXANDRE et al., 2011; CORNELIS et al., 2011b; WHITE et al., 2012). Alguns estudos elucidaram a absorção vegetal e a biodisponibilidade do Si nos solos (BLECKER et al. 2006; HENRIET et al., 2008), outros, destinaram-se a estudar o balanço de silício nos ambientes terrestres (CHADWICK; CHOROVER, 2001). No entanto nenhum deles relacionou a exportação de Si de culturas comerciais e a alteração dos teores de Si no solo e os possíveis impactos na mineralogia. O objetivo do trabalho é então o de avaliar se os teores de silício total e disponível do solo são afetados por diferentes históricos de cultivos anuais discutindose a exportação de Si como mecanismo da alteração destes teores no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

O estudo foi realizado mês de janeiro de 2018 no município de Água Santa – RS, altitude de 650 m, 28° 10' 37" S, 52° 02' 02" O. A classificação climática do município é Cfa segundo KöppenGeiger, tem uma temperatura média de 20,6 °C e precipitação média anual de 1409 mm, pertencendo ao bioma Mata Atlântica.

O solo foi classificado como Latossolo Bruno Distrófico típico após descrição morfológica e classificação de um perfil localizado no campo nativo, altitude 740 m, 28º16'0.408"S 52º1'57.396"W, segundo critérios da SBCS (2018).

### Tratamentos e amostragens

O experimento foi composto por quatro tratamentos com diferentes tempos de uso do solo (campo nativo, lavoura de 2 anos, lavoura de 8 anos e lavoura de 40 anos de implantação). Realizou-se coleta de solo e de plantas em todos os tratamentos e a coleta de grãos nas áreas de lavoura. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC).

Na coleta de solo, foram realizadas dez repetições, cada repetição foi composta por 10 subamostras coletadas com trado tipo calador na profundidade de 0-20 cm.

A amostragem de plantas foi realizada no mesmo dia da coleta de solo e em todos os tempos de uso do solo. As plantas foram coletadas inteiras, ou seja, parte aérea juntamente com a raíz. Nas três áreas de lavoura a planta coletada foi a soja, que estava sendo cultivada naquele período e encontrava-se no estádio R1. Na área de campo nativo foram coletadas as plantas de cobertura natural presentes naquele período, prevalecendo espécies de gramíneas. As plantas foram coletadas realizando cinco repetições, cada repetição foi composta por dez plantas de soja e por plantas do campo nativo presentes na área de 1 $m^2$.

No final do ciclo da cultura da soja, foram coletadas amostras de grãos presentes em cinco repetições de dez plantas em cada tratamento. Os grãos foram trilhados manualmente e as amostras foram encaminhadas para a análise de FRX.

Após a coleta no campo todas as amostras foram encaminhadas para o laboratório de Uso e Manejo do Território e dos Recursos Naturais – UPF para realização das análises prédeterminadas.

### Determinação de Silício disponível no solo

A determinação de silício no solo foi realizada por colorimetria, após a extração com cloreto de cálcio 0,01 mol $L^{-1}$. A leitura foi realizada em Espectrofotômetro UV-Visível no comprimento de onda de 660 ηm (KORNDÖRFER et al., 2004).

### Determinação de Si na Planta

O processo de extração de silício na planta foi realizado através da oxidação da matéria orgânica, isto é, eliminação do carbono do tecido vegetal com água oxigenada (digestão) e leitura em Espectrofotômetro UV Visível no comprimento de onda de 410 ηm (KORNDÖRFER et al., 2004).

### Análises elementares por fluorescência de raios-X

A análise dos teores totais dos elementos químicos foi realizada na fração argila do solo e nos grãos de soja. Os elementos expressos na forma de óxidos foram determinados através da técnica de Fluorescência de raios-X (FRX). Sendo que as amostras de solo foram analisadas na forma de pó prensado a 25 toneladas formando pastilhas. A determinação foi realizada utilizando um equipamento de FRX modelo S2 Ranger da Bruker.

### Análise estatística

Os resultados das análises de silício disponível no solo, silício na planta e nos grãos foram submetidos à análise de variância através do teste F. Para os tratamentos que apresentaram diferença significativa foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de silício disponível no solo foram encontrados na lavoura de 2 anos, não diferindo estatisticamente do campo nativo. O maior teor de silício na parte aérea foi apresentado pela vegetação do campo nativo, assim como na raiz (Figura 1).

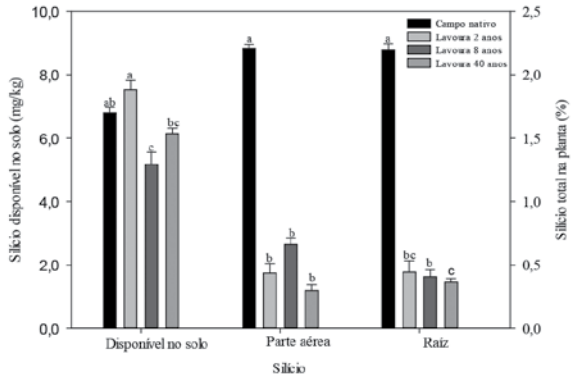



Figura 1. Valores de silício disponível no solo e silício total na planta em raiz e parte aérea de área de campo nativo, e de lavouras cultivadas por 2, 8 e 40 anos avaliados na profundidade de 0-20 cm, Passo Fundo – RS, 2018.

*Médias seguidas de mesma letra no mesmo elemento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de silício disponível variaram de 5,1 a 7,5 mg $kg^{-1}$. O campo nativo por ser composto basicamente por gramíneas se torna mais agressivo na absorção de silício, porém como não há exportação para fora do sistema, em campos não utilizados para alimentação animal, este silício retorna ao solo na forma de fitólitos, os quais são dissolvidos com o tempo e o silício pode ser reutilizado (CHADWICK; CHOROVER, 2001; BLECKER et al., 2006; HENRIET et al., 2008).

A degradação dos minerais primários de silicatos litogênicos liberam solutos que podem se recombinar para sintetizar argila neoformada. Estes minerais de tamanho de argila podem, por sua vez, se dissolver e contribuir para reabastecer o silício disponível no solo (MCKEAGUE; CLINE, 1963).

Após 8 anos de cultivo com lavouras anuais exportadoras de silício nos grãos, se observam teores menores de silício disponível no solo. Os teores de silício na planta, tanto na parte aérea (caule, ramos, pecíolos e folhas) como na raiz demonstram que a vegetação do campo nativo é uma grande utilizadora de silício, justamente por ser composta na sua grande maioria por gramíneas. As gramíneas são consideradas plantas acumuladoras de Si, assim, estudos utilizando a adubação com Si demonstram o aumento da produção de matéria verde e de grãos em espécies como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, grama 'Kikuyu' e grama 'Bermuda' (ELAWAD; GREEN, 1979; KORNDÖRFER; LEPSCH, 2001). A absorção de Si ocorre por difusão passiva e também com a participação de transportadores localizados na exoderme e endoderme das raízes (MITANI; MA, 2005; MA; YAMAJI, 2008), sendo o conteúdo acumulado variável de acordo com a espécie (EPSTEIN; BLOOM, 2006; MA; YAMAJI, 2006).

A análise de FRX da fração argila do solo apresenta o maior teor de $SiO_2$ na lavoura de 2 anos, seguida pela área de campo nativo. A lavoura de 8 e 40 anos de cultivo apresentaram o menor teor total de $SiO_2$ (Tabela 1). O menor teor de silício total na fração argila representa uma maior dissolução de minerais silicatados desta fração e liberação de silício, o qual foi absorvido pelas plantas e exportado nos grãos, além disso, uma redução do armazenamento de fitólitos relativamente solúveis na camada superficial do solo (VANDEVENNE et al., 2012), a presença de fitólitos no tamanho da fração argila pode ser responsável pelo maior teor de Si total da lavoura de 2 anos de cultivo, considerando que os fitólitos antes presentes na vegetação do campo nativo foram ciclados para o solo quando ocorreu a conversão de campo nativo para lavoura.

A análise de FRX dos grãos de soja apresentaram os maiores teores de $SiO_2$, $TiO_2$, $K_2O$ e CaO, na lavoura com 2 anos de cultivo. Os maiores teores de $Al_2O_3$ foram apresentados na lavoura com 40 anos de cultivo. Os teores de $Fe_2O_3$, MgO e $P_2O_5$ não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos estudados (Tabela 2). A exportação de silício pelos grãos representa-

da pelo tratamento 40 anos de cultivo, resultou no menor teor de Si disponível no solo, como consequência o teor de Si nos grãos também foi menor.

## CONCLUSÕES

A exportação de silício via grãos em sucessivos cultivos diminui o teor de Si disponível no solo e de silício total da fração argila, pois exporta Si do sistema solo.

Nossos resultados mostram que a magnitude de exportação pelo cultivo via grãos é entre 12 e 20 kg/ha de $SiO_2$ por cada ano de cultivo.

**AGRADECIMENTOS**: À Capes pela bolsa de doutorado (L.D.). Ao CNPq pela bolsa produtividade em Pesquisa PQ 2 (ECB).

## REFERÊNCIAS

Alexandre A, Meunier JD, Colin F, Koud JM. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. R. Geochimica et Cosmochimica. 1997;61:677-682.

Alexandre A, Bouvet M, Abbadie L. The role of savannas in the terrestrial Si cycle: A case-study from Lamto, Ivory Coast. R. Global and Planetary Change. 2011; 78:162-169.

Blecker SW, Mcculley RL, Chadwick OA, KELLY EF. Biologic cycling of silica across a grassland bioclimosequence. R. Global Biogeochemical Cycles. 2006;20:GB3023.

Chadwick OA, Chorover J. The chemistry of pedogenic thresholds. R. Geoderma. 2001;100:321353.

Cornelis JT, Delvaux B. Soil processes drive the biological silicon feedback loop. R. Functional Ecology. 2016;30:1298-1310.

Elawad SH, Green Junior VE. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. R. Riso. 1979;28:235-253.

Epstein E, Bloom A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2a ed. Londrina: Planta, 2006.

Henriet C, Jaeger N, Dorel M, Opfergelt S, Delvaux B. The reserve of weatherable primary silicates impacts the accumulation of biogenic silicon in volcanic ash soils. R. Biogeochemistry. 2008;90:209-223.

Kordörfer GH, Lepsch I. Effect of silicon on plant growth and yield. In: Datnoff LE, Kordörfer GH, Snyder GH. ed. Amsterdam: Elsevier, 2001.

Kordörfer GH, Pereira HS, Nolla Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlância: GPSi/ICIAG/UFU; 2004. (Boletim técnico, 2).

Ma JF, Yamaji N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. R. Trends Planta Science. 2006;11:392397.

Ma JF, Yamaji N. Functions and transport of silicon in plants. R. Cellular and Molecular Life Sciences. 2008; 65:3049-3057.

Mckeague JA, Cline MG. Silica in soils. R. Advances in Agronomy. 1963;15:339-396.

Mitani N, Ma JF. Uptake system of silicon in different planta species. R. Journal of Experimental Botany. 2005;56:1255-1261.

Santos HG. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5th ed. Brasília: Embrapa; 2018.

Sommer M, Kaczorek D, Kuzyakov Y, Breuer J. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes--a review. R. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2006;169:310-329.

Street-Perrott FA, Barker P. Biogenic silica: a neglected component of the coupled global continental biogeochemical cycles of carbon and silicon. R. Earth Surface Processes and Landforms. 2008;33:1436-1457.

Vandevenne F, Struyf E, Clymans W, Meire P. Agricultural sílica harvest: have humans created a new loop in the global silica cycle? R. Frontiers in Ecology and the Environment. 2012;10:243-248.

White AF, Vivit DV, Schulz MS, Bullen TD, Evett RR, Aagarwal J. Biogenic and pedogenic controls on Si distributions and cycling in grasslands of the Santa Cruz Soil chronosequence, California. R. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2012;94:72-94.

**Tabela 1.** Análise de Fluorescência de Raios-X da fração argila do solo de área de campo nativo, e de lavouras cultivadas por 2, 8 e 40 anos avaliados na profundidade de 0-20 cm, Passo Fundo – RS, 2018

| Elementos | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | MgO | $K_2O$ | $P_2O_5$ | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | | | | % | | | | |
| C.N. | 34,76 b | 25,94 a | 11,46 a | 1,37 c | 1,50 c | 0,43 c | 0,00 ns | 23,07 c |
| Lav. 2 | 51,73 a | 10,25 d | 7,05 d | 2,08 a | 1,40 c | 0,50 c | 0,00 | 22,88 d |
| Lav. 8 | 31,45 c | 16,44 b | 9,04 c | 2,01 a | 1,83 b | 0,60 b | 0,00 | 35,68 b |
| Lav. 40 | 24,54 d | 14,20 c | 10,34 b | 1,84 b | 2,57 a | 1,04 a | 0,04 | 39,08 a |

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si no mesmo elemento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ns = Não significativo pelo teste F.

**Tabela 2.** Análise de Fluorescência de Raios-X dos grãos de soja coletados em lavoura de 2 anos, 8 anos e 40 anos de cultivo, Passo Fundo – RS, 2018

| Elementos | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | MgO | $K_2O$ | $P_2O_5$ | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | | | % | | | | | |
| Lav. 2 | 9,13 a | 3,54 b | 0,49 ns | 1,10 a | 15,53 ns | 17,18 a | 3,13 ns | 11,33 a |
| Lav. 8 | 9,80 a | 4,56 b | 0,49 | 1,10 a | 17,70 | 11,69 b | 3,97 | 9,80 a |
| Lav. 40 | 5,79 b | 6,44 a | 0,59 | 0,52 b | 15,67 | 10,56 b | 2,59 | 6,85 b |

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si no mesmo elemento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns = Não significativo pelo teste F.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação da influência da temperatura de pirólise nas características estruturais de biochars produzidos a partir de resíduos de eucalipto

Danielle França de Oliveira Torchia[1]; Hellen Fernanda Oliveira da Silva[2]; Lucas de Souza da Silva[3]; Everaldo Zonta[4]; Andrés Calderín García[5]

[1]Doutoranda, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465, km 47, Seropédica - Rio de Janeiro, 23890-000. dani.foliveira@hotmail.com; [2] Graduando, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. [3] Graduando, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. [4] Professor, Laboratório de Estudo das relações Solo-Planta, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; [5] Professor, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios discutidos há anos é a reutilização de resíduos, de forma que reduza deposição final e minimize a contaminação ambiental. A madeira proveniente do corte de eucalipto é utilizada para a fabricação de móveis, utilização de lenha, entre outras utilizadas, entretanto, os resíduos provenientes desta atividade não possuem valor monetário e não tem uma utilização eficiente. Uma forma de reaproveitamento desses resíduos é na produção de biochar, que consiste em um produto da decomposição térmica de material orgânico, geralmente em baixa concentração ou ausência de oxigênio. O produto desse processo é rido em carbono, também conhecido por carbono pirogênico, e possui propriedades e funções que tem a capacidade de melhorar as condições de fertilidade do solo (Lehmann et al., 2011; Preston & Schimidt, 2006).

O material orgânico de origem e as condições da degradação térmica irão influenciar nas características do biochar e direcionar a sua aplicabilidade (Uchimiya et al., 2010; Yang et al., 2015). As características estruturais da biomassa são impressas no biochar, ocorrendo transformações na medida que ocorre o tratamento térmico. Durante a pirólise o esqueleto mineral mantém características do material precursor, entretanto, começa a ocorrer a perda de massa e redução de volume, principalmente pela perda de compostos orgânicos voláteis (Lehmann et al., 2011).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo produzir biochars a partir de resíduos de eucalipto e obter suas particularidades estruturais, avaliando a influência da temperatura de pirólise no produto final.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Produção dos biochars

Os biochars foram preparados a partir de maravalha de eucalipto através da técnica de pirólise lenta. Os resíduos vegetais foram obtidos na marcenaria da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.

Os resíduos foram secos em estufa a 100 °C e, posteriormente, inseridos em um recipiente de inox. O recipiente por colocado em mufla LINN Elektro Therm, modelo CC405, e acoplado à saída de gases a qual foi vedada com gesso. Foram utilizadas três temperaturas de pirólise (300, 400 e 500 °C), a uma taxa de aquecimento de 5 °C $min^{-1}$.

### Análises espectroscópicas

Os espectros foram obtidos mediante registo na região de número de onda de 400 a 4000 $cm^{-1}$ com uma resolução espectral de 4 $cm^{-1}$, coletando em cada medição 32 digitalizações. Para isto foi utilizado um espectrômetro FTIR VERTEX 70/70v (Bruker Corporation, Alemanha) acoplado a um dispositivos de reflexão total atenuada (ATR) de platina diamante, consistente em um disco de diamante que funciona como elemento de reflexão interna. Os materiais foram colocados no cristal ATR para o registro do espectro. Como espectro branco foi utilizado o registro espectra do ar antes de cada análise. A obtenção e registro dos espectros foi realizada mediante sofware OPUS-Bruker.

A análises de CP MAS $^{13}C$-NMR foi realizada em um aparelho Bruker AVANCE II RMN a 400 MHz, equipado com probe de 4 mm Narrow MAS e operando em sequência de ressonância de $^{13}C$ a 100.163 MHz. Para a obtenção dos espectros, massas iguais das amostras dos AH foram colocadas em um rotor (porta-amostra) de Dióxido de zircônio ($ZrO_2$) com tampas de Kel-F sendo a frequência de giro de 8 ± 1 kHz. Os espectros foram obtidos pela coleta de 3000 data points para o mesmo número de scans a um tempo de aquisição de 34 ms e com recycle delay de 5s. O tempo de contato para a sequência em rampa de $^1H$ ramp foi de 2 ms. A coleta e elaboração espectral foram realizadas utilizando o Software Bruker Topspin 2.1. Os decaimentos livres de indução (DLI) foram transformados aplicando um zero filling igual a 4 k e posteriormente um ajuste por função exponencial (line broadening) de 70 Hz.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise espectroscópica de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR)

os espectros de FT-IR (**Figura 1**) é possível verificar, tanto na biomassa como nos biochars, bandas assinaladas na região de 1630-1820 $cm^{-1}$, que correspondem a estiramentos C=O (carboxilas, carbonilas e cetonas), entretanto, essa evidência é maior na biomassa (Lopes; Fascio, 2004). Uma banda forte e larga é observada entre 2500-3200 $cm^{-1}$, podendo ser atribuída a estiramentos de hidroxilas (-OH). Com o aumento da temperatura nota-se uma redução da intensidade dessa banda, devido à aceleração do processo de desidratação da biomassa (Zhao, et al., 2017, Manna et al., 2017). Isso mostra que os biochars em temperaturas mais baixas possuem maior quantidade de grupamentos funcionais, os quais são reduzidos com o aumento da temperatura (Khare et al., 2013).

A banda forte e larga na região de 3070-3500 $cm^{-1}$ presente na biomassa pode ser atribuída ao estiramento -NH, característico de grupamento amida (Lopes; Fascio, 2004; Fonts et al., 2009). O fato de o N permanecer na medida que ocorre a degradação térmica é importante em termos agronómicos. Os resultados confirmam a ocorrência de reações de reestruturação e incorporação de N durante a pirólise mediante a conden-

sação de anéis aromáticos e pseudoaromáticos (Liu et al. 2018). Vibrações de alongamento dos grupos -CO e -CH nos materiais foram também observados a 1300.00 a 1000.00 $cm^{1}$, indicando a presença de estruturas tipo álcool e éster (Lopes, Fascio, 2004; Manna et al., 2017 ).

De forma geral, é possível observar que altas temperaturas de pirólises ocasionaram uma redução da presença dos grupos alifáticos e aumentaram o predomínio de grupos aromáticos. Este comportamento foi relatado em outros estudos de obtenção de biochar. Novak et al. (2009) reportaram que biochars obtidos por pirólise abaixo de 400 °C exibem estruturas de C alifáticos, entretanto, com o aumento da temperatura acima de 400 °C predominaram compostos do tipo C aromático policondensado. De acordo com Manna et al. (2017) a perda de alongamentos alifáticos C-H e do alongamento C-O indica que a biomassa passou por processo progressivo de desidratação e despolimerização.

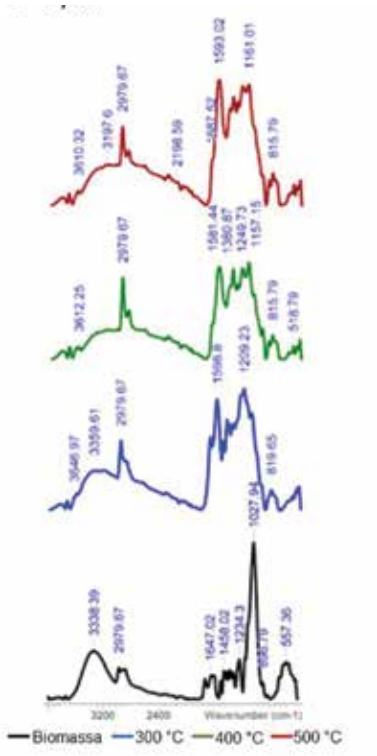



Figura 1 – Espectros de FTIR da biomassa e dos biochars nas variadas temperaturas.

## Análise espectroscópica de ressonância magnética nuclear (RMN $^{13}C$ CP-MAS)

técnica de RMN $^{13}C$ CP-MAS permitiu o estudo dos efeitos de temperatura final de pirólise na estrutura química dos materiais, comparando as amostras *in natura* e biochars produzidos a 300, 400 e 500 °C (Figura 2).

Nos espectros, a presença dos picos na região entre 50 e 105 ppm podem ser indicativos de celulose. Esses sinais estão sobrepostos a sinais de carbonos alifáticos da lignina e da hemicelulose (González-Vila et al., 1999).

O sinal em ~74 ppm presentes nestas duas biomassas comprovam o predomínio de carbonos alifáticos. Por outro lado, os espectros dos biochar mostram predomínio de carbono aromático, evidenciada pelos picos na faixa de ~127 e ~132 ppm, e redução de grupos alifáticos (McBeath et al., 2014; Heralth et al., 2015). Esse padrão espectral está de acordo com o estudo de Manna et al. (2017), que também encontraram em biochars de trigo e de arroz esse pico na região de 130 ppm, característico de carbono aromático, o qual se mostrou mais evidente com o aumento da temperatura para 600 °C.

A alta intensidade nessa região aromática, entre 160 e 110 ppm, está relacionada com a formação de estruturas aromáticas condensadas pelo processo de carbonização. Esse aumento térmico induz à desidratação e a degradação seletiva de carboidratos e estruturas proteicas, adicionando constituintes aromáticos recém formados (Almendros et al., 2003; De La Rosa et al., 2008).

Além disso, biochars em temperaturas menores (300 e 400 °C) apresentaram pico na região de ~150 ppm, que corresponde a estruturas aromáticas substituídas por O, o qual não era tão evidente na biomassa e foi reduzido no aumento da temperatura para 500 °C (Manna et al., 2017).

Na região alifática, destaca-se o pico em ~55 ppm atribuido ao C metoxil, associado à estruturas de lignina e pico em ~74 ppm, que pode se referir ao $C_{alkyl}$-O, associado à celulose, que é muito evidente na biomassa e sofre uma queda drástica nos biochars (Heralth et al., 2015).

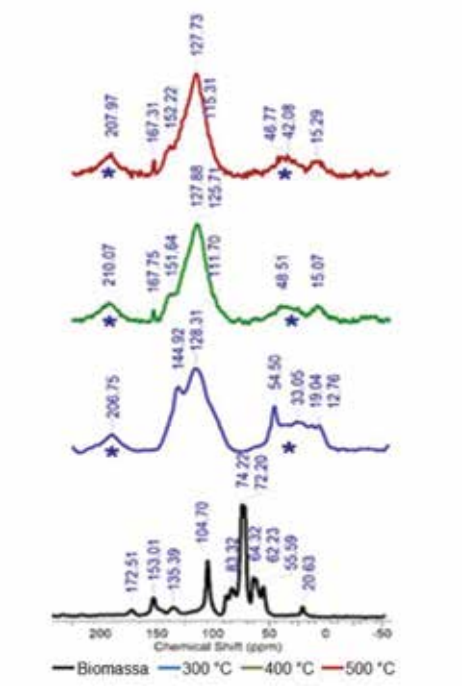



Figura 2 – Espectros de RMN da biomassa e dos biochars nas variadas temperaturas.

## CONCLUSÕES

O aumento da temperatura de pirólise na produção de biochar de eucalipto alterou características estruturais do produto final.

Biochars produzidos em temperaturas mais baixas teve a ocorrência de bandas que são atribuídas a grupamentos funcionais, em contrapartida, o biochar a 500 °C apresentou menor ocorrência desses grupamentos.

A biomassa apresentou a predominância de estruturas mais lábeis ($C_{Alkyl}$-H, R; $C_{Alkyl}$-O; $C_{Alkyl}$O, N).

O aumento da temperatura influenciou na estrutura do biochar, proporcionando característica aromática (CAromatic-H,R; CAromatic--O,N).

A aplicabilidade dos biochars estudados pode ser diferente, visto que foram encontradas características distintas com a variação de biomassa e de temperatura.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), ao Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

Almendros G, Knicker H, González-Vila FJ. Rearrangement of carbon and nitrogen forms in peat after progressive isothermal heating as determined by solid-state 13C- and 15N-NMR spectroscopy. Org. Geochem. 2003; 34: 1559-1568.

Fonts I, Azuara M, Gea G, Murillo MB. Study of the pyrolysis liquids obtained from different sewage sludge. J. Anal. Appl. Pyrolysis. 2009; 85: 184-191.

González-Vila FJ, Almendros G, del Rio JC, Martín F, Gutierrez A, Romero J. Ease of delignification assessment of wood from different Eucalyptus species by pyrolysis (TMAH)-GC:MS an CP:MAS 13C-NMR spectrometry. Journal of analytical and applied pyrolysis. 1999; 49: 295-305.

Heralth HMSK, Camps-Arbestain M, Hedley MJ, Kirschbaum MUF, Wang T, Hale V. Experimental evidence for sequestering C with biochar by avoidance of $CO_2$ emissions from original feedstock and protection of native soil organic matter. GCB Bioenergy. 2015; 7: 512-526.

Khare P, Dilshad U, Rout PK, Yadav V, Jain S. Plant refuses driven biochar: Application as metal ad-

sorbent from acidic solutions. Arabian Journal of Chemistry. 2013; 10: S3054-S3063.

Lehmann J, Rilling MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. Biochar effects on soil biota - A review. Soil Biology & Biochemistry. 2011; 43: 1812-1836.

Liu L, Tan Z, Zhang L, Huang Q. Influence of pyrolysis conditions on nitrogen speciation in a biochar 'preparation-application'process. Journal of the Energy Institute. 2018; 91: 916-926

Lopes WA, Fascio M. Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. Quim. Nova. 2004; 27: 670-673.

Manna S, Singh N, Purakayastha TJ, Berns AE. Effect of deashing on physico-chemical properties of wheat and rice straw biochars and potential sorption of pyrazosulfuron-ethyl. Arab. J. Chem. 2017; 13: 1247– 1258.

Mcbeath AV, Smernik RJ, Krull ES, Lehmann J. The influence of feedstock and production temperature on biochar carbon chemistry: A solid--state 13C NMR study. Biomass and Bioenergy. 2014; 60: 121-129.

Novak JM, Lima I, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrah D, Watts DW, Busscher WJ, Schomberg H. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effectis on a loamy sand. Annals of Environmental Science. 2009; 3: 195-206.

Preston CM, Schimidt MWL. Black (pyrogenic) carbon: a synthesis of current knowledge and uncertainties with special consideration of boreal regions. Biogeosciences. 2006; 3: 397-420.

Uchimiya M, Wartelle LH, Lima IM, Klasson KT. Sorption of Deisopropylatrazine on Broiler Litter Biochars. J. Agric. Food Chem. 2010; 58: 12350-12356.

Yang G, Wang Z, Xian Q, Shen F, Sun C, Zhang Y, Wu J. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of biochar derived from vermicompost and its potential use as na environmental amendment. RSC Adv. 2015; 5: 40117-40125.

Zhao L, Cao X, Masek O, Zimmerman A. Heterogeneity of biochar properties as a funcion of fessdstock sources and production temperatures. J. Hazardous Materials. 2013; 256: 1-9.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação química, mineralógica e granulométrica de calcários comerciais do Rio Grande do Sul

Andressa Garibotti[1]; Jackson E. Fiorin[2]; Edson Campanhola Bortoluzzi[3]

[1]Estudante, Universidade de Passo Fundo - UPF, Avenida Brasil – 150, Passo Fundo, RS. CEP: 99010-000. E-mail: andressa_garibotti@hotmail.com; [2]Pesquisador; CCGL/RTC ; [3]Professor; Universidade de Passo Fundo - UPF.

## INTRODUÇÃO

Os solos de regiões tropicais e subtropicais são normalmente ácidos com altos teores de Al trocável (CIOTTA et al., 2004). A calagem é uma prática antiga realizada em todo o mundo e indispensável em solos agrícolas pois o alto teor de acidez pode tornar indisponível nutrientes essenciais e reduzindo os níveis de produção (MALAVOLTA, 1984).

Uma parte do sucesso da calagem está relacionada a qualidade do calcário. Duas características principais estão relacionadas com a qualidade dos corretivos da acidez: o teor de neutralizantes e a granulometria (ARAUJO et al., 2009). O poder de neutralização é o fator químico que fará a imobilização do alumínio e o aumento do pH do solo. Já, a granulometria do produto influenciará o tempo de reatividade. Esse último comportamento será fundamental em manejos que não há o revolvimento do solo, tal como o plantio direto.

Outra parte do sucesso está vinculada às operações mecânicas, tais como distribuição e incorporação no solo que dependem do sistema de manejo de solo. Grande importância tem sido dada à tecnologia de aplicação de calcário e a definição das doses adequadas aos sistemas de cultivo. Entretanto, informações quanto a origem, composição, qualidade e eficácia dos calcários ainda são carentes.

Assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a composição química e quais os minerais estão associados a esta, bem como o observar o padrão de distribuição granulométrica de calcários comerciais no sul do Brasil. Isso é importante para revisar a qualidade do calcário, e propor um refinamento/detalhamento da atribuição de qualidade aos calcários agrícolas usados no Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido nos Laboratórios Uso e Manejo do Território e de Recursos Naturais, na Universidade de Passo Fundo - UPF. O estudo partiu de 52 amostras oriundas de um diagnóstico da qualidade dos calcários, realizados pela CCGL/RTC com o apoio da FECOAGRO/RS, comercializados em diferentes regiões do Estado do Rio Grande do Sul.

Com base nos resultados das análises realizadas pelo Laboratório de Solos da UPF, foram selecionadas 15 amostras, separadas em três faixas de poder relativo de neutralização total -

PRNT: 70-80%; 80-100% e >100%, e com subdivisão desses em dois grupos: baixo e alto teor de Mg (Tabela 1). As amostras foram submetidas às análises de granulometria, composição química e mineralógica pelos métodos de fluorescência e difração de raios-X.

As análises de granulometria foram feitas utilizando o equipamento Bettersizer S2-WD. Foi usado foi cerca de 1g de cada amostra de calcário total submetidas a três etapas com uma triplicata de cada resultado. Na primeira etapa foi colocado 1g de calcário, dissolução feita em $H_20$ durante um minuto. Na segunda etapa foi colocado 1g calcário, dissolução em $H_20$ + 5ml de reagente HCl, dissolução feita durante um minuto. Na terceira etapa, dissolução em $H_20$ + 5mL de reagente HCl, dissolução feita em 5 minutos. Essa metodologia visou estimar a dissolução dos materiais. A composição mineralógica das amostras foi realizada por difração de raios-X (D2 Phaser, Bruker®) e para a composição química utilizou-se um equipamento de fluorescência de raios-X com energia dispersiva (EDXRF) (S2 Ranger, Bruker®). Para as análises mineralógicas e químicas as amostras foram separadas em três frações: total (fração comercial), > 0,30mm e < 0,30mm.

### Análise estatística

A composição mineralógica foi interpretada de acordo com Brindley e Brown (1980), comparando os picos do padrão de DRX com os picos dos minerais de referência. Utilizou-se também o software DiffracEVA (Bruker) para encontrar os minerais na base mineral COD (Crystallography Open Database).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos químicos, foram identificadas variadas porcentagens de CaO e MgO e PRNT variando de 72,73 a >159,89%.

A granulometria dos calcários, verificada por difração a laser, se mostrou sensível ao tratamento com HCl e diferentes picos de tamanho de partículas foram observados (Figura 1). Isso denota que os calcários apresentam diferentes reatividades de acordo com a composição química e possivelmente mineralógica.

Calcários com PRNT entre 70 e 80% mostraram-se com composições químicas entre Ca e Mg na proporção de 3 para 1 (Tabela 1). Esses calcários apresentam um perfil granulométrico com partículas na ordem de 20 e 300 μm. As amostras de calcário apresentaram leve resposta ao tratamento com HCl.

Calcários do grupo PRNT entre 80 e 100% mostraram-se com perfil granulométrico mais amplo (3 picos: 1, 20 e 300 μm). Menores tamanhos de partículas sugerem maior reatividade do material. Os calcários do sub grupo com alto teor de Mg (MgO ~10%) tenderam a apresentar menores tamanhos de partículas e mais sensíveis ao tratamento com HCl.

As amostras do grupo PRNT >100%, mostraram proporção de cerca de 3 para 1 entre Ca e Mg no subgrupo de alto teor de Mg (MgO ~10%), enquanto o subgrupo de baixo teor de Mg (MgO ~0,5%), a composição química é basicamente de Calcita. Calcários do subgrupo com alto Mg mostraram um perfil granulométrico composto de 2 picos, um pequeno a 1 e um predominante a 20 μm, enquanto o subgrupo com maior teor de Mg apresentou proporções similares entre as partículas de 1 e 20 μm. Isso sugere que baixos teores de Mg permitem melhor moagem e resultaram em menores tamanho de partículas.

A diferença dos grupos de calcários baseado no PRNT estão associados a composição mineralógica, onde calcários com baixos teores de Mg são predominantemente compostos de calcita enquanto com altos teores de Mg são compostos também por dolomita.

Quimicamente, dentro do mesmo grupo de PRNT, os calcários com alto teor de Mg sugerem maior reatividade pois apresentam um perfil granulométrico composto de partículas menores e sensíveis ao tratamento com HCl.

As análises em mineralogia com a finalidade de correlacionar a composição química, mineralógica e a reatividade ainda estão sendo processadas.

## CONCLUSÕES

Os calcários comercialmente usados no Rio Grande do Sul podem ser agrupados quanto a sua mineralogia, composição química e perfil granulométrico. A resposta dos materiais ao tratamento com HCl (reatividade) mostrou-se pouco sensível.

Pode-se concluir que calcários com proporção similar de Ca e Mg podem apresentar PRNT diferentes. Calcários com alto PRNT e altos teores de Mg apresentam seu perfil granulométrico mais amplo com partículas menores. Já calcários com alto PRNT e baixos teores de Mg em sua composição, tendem a apresentar um perfil granulométrico mais homogêneo.

Esses resultados sugerem que a moagem é mais ou menos eficiente de acordo com a composição mineral presente nos calcários. Assim, sugere-se que a avaliação da eficiência dos calcários leva em conta a composição não somente química dos materiais, mas também a mineralogia dos calcários, pois, estes definem o perfil granulométrico e a reatividade dos calcários (PRNT).

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPQ pela bolsa Pibic acordada a primeira autora e a de produtividade em pesquisa acordada ao terceiro autor.

## REFERÊNCIAS

Araújo, SR; Demattê, JAM; Garbuio, FJ. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, 2009.

Brindley, GW; Brown, G. X-Ray Diffraction Procedures for Clay Mineral Identification. In: Brindley, G.W. and Brown, G., Eds., Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification, Mineralogical Society, 305-356. 1980.

Ciotta, MN.; Bayer, C; Ernani, PR; Fontoura, SMV; Wobeto, C; Albuquerque, JA. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2004, vol.28, n.2, pp.317-326.

Malavolta, E.; Vitti, GC; Oliveira, SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fosfato, 1984.

**Tabela 1**: Agrupamento de 15 amostras de calcário conforme resultado do laudo de análise de corretivo de acidez do solo emitido pelo Laboratório de Solos – UPF.

| Amostras | PRNT | | Teor de MgO | Teor de CaO | Peneira ABNT n°50 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | % | | |
| 1 | 70-80 | 78,56 | 10,12 | 31,43 | 59,9 |
| 2 | | 75,55 | 10,16 | 28,16 | 50,3 |
| 3 | | 72,73 | 10,12 | 28,65 | 45,6 |
| 4 | 80-100 | 97,56 | 10,09 | 29,28 | 80,5 |
| 5 | | 90,71 | 10,06 | 30,08 | 65,5 |
| 6 | | 97,56 | 10,45 | 29,99 | 77,7 |
| 7 | | 88,02 | 5,51 | 43,2 | 68,3 |
| 8 | | 82,64 | 6,55 | 37,92 | 65,2 |
| 9 | | 88,66 | 7,01 | 45,16 | 71 |
| 10 | >100 | 100,47 | 10,32 | 30,53 | 100 |
| 11 | | 159,89 | 10,59 | 30,62 | 100 |
| 12 | | 155,94 | 10,08 | 38,64 | 100 |
| 13 | | 105,37 | 0,61 | 43,1 | 100 |
| 14 | | 100,13 | 0,56 | 45,92 | 100 |
| 15 | | 107,72 | 0,51 | 56,72 | 100 |

PRNT=poder relativo de neutralização total, %

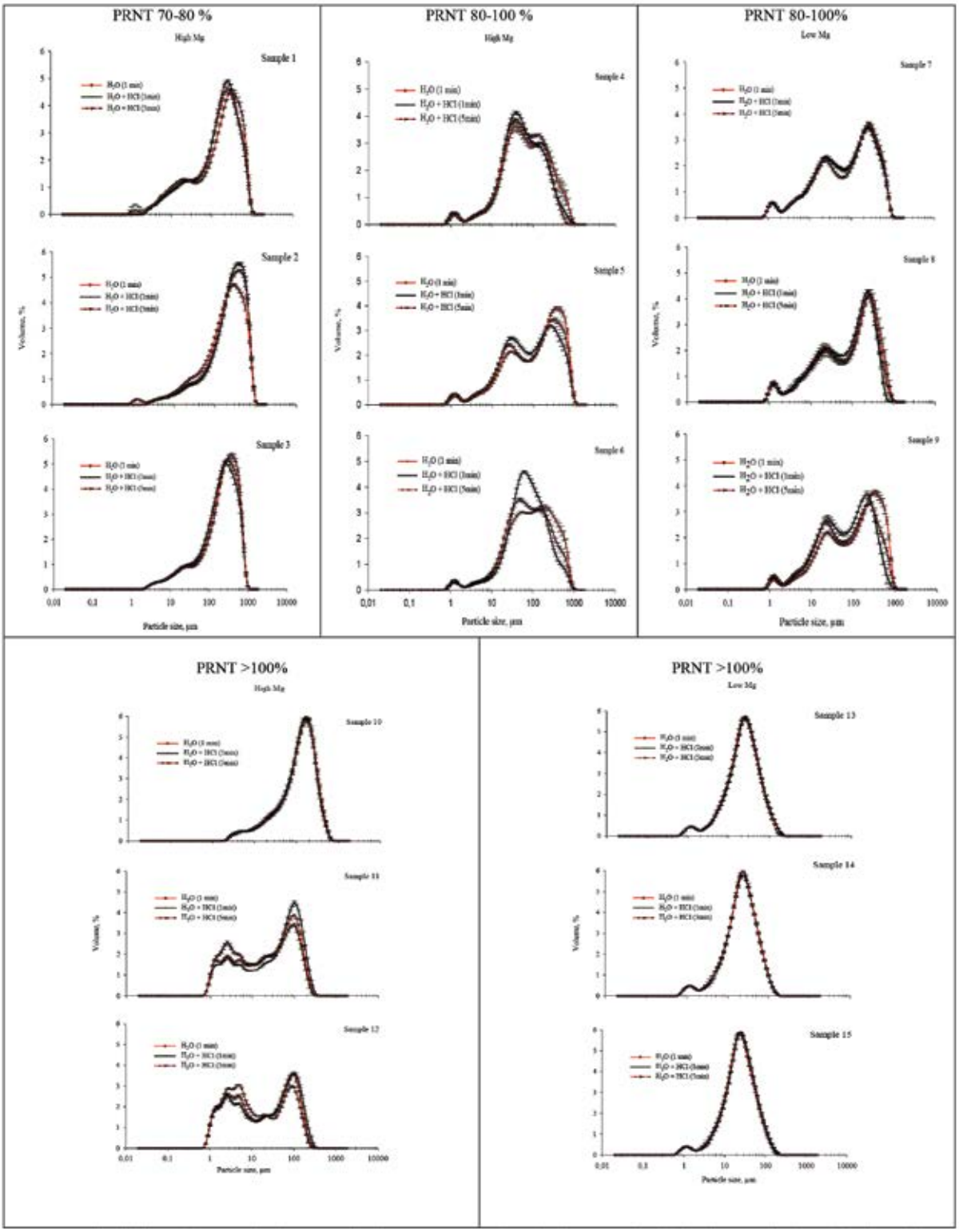



Figura 1- Distribuição de tamanho de partículas de 15 amostras de calcário comerciais do Rio Grande do Sul submetidos aos tratamentos com HCl. As amostras foram agrupadas quanto aos diferentes PRNT e composição de MgO - Passo Fundo – 2020

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Características Químicas de Solo em Função de Doses de Resíduo da Indústria Farmacêutica

Dayana Jéssica Eckert[1]; Jessé Rodrigo Fink [2]; Caroline Pontes de Souza Martins[3]; Gustavo Frosi [1]; Kayn Bastiani[4]

[1]Mestranda(o), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Av. Bento Gonçalves, Porto Alegre-RS, 91540-000), dayanaeckert.14@gmail.com; [2] Professor, Instituto Federal do Paraná – Campus Palmas; [3] Eng. Agrônoma; [4] Graduando, Instituto Federal do Paraná – Campus Palmas.

## INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de centros urbanos e indústrias, é crescente a geração de resíduos com potencial poluidor. Nas últimas décadas, vem sendo muito estudado o reaproveitamento destes resíduos na agricultura, o que possibilita a ciclagem de nutrientes no ambiente, atenuação do potencial poluidor e obtenção de um fertilizante de baixo custo (MELLO E VITTI, 2002; SILVA *et al.*, 2014).

Alguns resíduos industriais como a vinhaça, escória de siderurgia e cortume, já vem sendo testados como possíveis fertilizantes (BASSO *et al.*, 2013; RAYMUNDO *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2015; OZA *et al.*, 2018). Todavia, estudos sobre resíduos da indústria farmacêutica (RIF) começam a ter destaque, uma vez que há um aumento da utilização de fármacos na sociedade. Por exemplo, a produção de heparina, um anticoagulante produzido a partir de vísceras suínas, gera um RIF que contém teores de nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). A sua utilização na agricultura pode incrementar a produção de milho e na cana-de-açúcar, além de incrementar os teores de P e K no solo (MATIAZZO *et al.*, 2002; ZANQUETTI *et al.*, 2017; SCHWENGBER *et al.*, 2018).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência ao longo do tempo no teor de $C_{org}$, pH e teores de P disponíveis de um solo argiloso incubado com diferentes doses do RIF.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Palmas, Paraná, com uma porção de solo coletada da camada 0-20cm de um Latossolo (SiBCS). O solo foi seco ao ar, moído e passado em peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização química do solo indicou: P = 2,0 mg $dm^{-3}$; K = 95,4 mg $dm^{-3}$; Na = 36,8 mg $dm^{-3}$; Ca = 5,2 $cmol_c$ $dm^{-3}$; Mg = 4,1 $cmol_c$ $dm^{-3}$; H+Al = 0,91 $cmol_c$ $dm^{-3}$; $CTC_{pH7}$ = 10,9 $cmol_c$ $dm^{-3}$; V% = 92,4% e argila = 40%. Deste solo, 120 porções (unidades experimentais) de 50 g de TFSA foram acondicionadas em recipientes plásticos de 100 ml. A umidade do solo foi padronizada para 40% da capacidade de campo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 6 (5 doses de RIF x 6 épocas de avaliação), com

4 repetições. As doses de RIF aplicadas ao solo foram equivalentes às aplicações de 0, 10, 20, 40 e 60 $m^3$ $ha^{-1}$. As seis épocas de avaliação foram 0, 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a adição RIF ao solo. A análise química do RIF indicou um pH = 6,5; matéria orgânica = 52.343 mg $L^{-1}$; Na = 2.400 mg $L^{-1}$; N = 143mg $L^{-1}$; K = 150 mg $L^{-1}$ e P = 1.100 mg $L^{-1}$.

Em cada época de avaliação, verificou-se o pH em água (v/v) e teores disponíveis de P (Tedesco *et al.*, 1995) e os valores de carbono orgânico ($C_{org}$; Embrapa, 2017).

Os resultados foram submetidos a análise fatorial 6x5 e, quando pertinente ($p<0,05$), procedeu-se a análise de regressão para os atributos avaliados. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa Estatistix 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teor de $C_{org}$ e valor de pH do solo foram afetados pela interação entre a dose do RIF e a época de avaliação ($p<0,05$).

Logo após a aplicação do RIF (Tempo-0) ocorreu um aumento linear dos teores de $C_{org}$ ($p<0,05$) em relação as doses aplicadas (**Figura 1A**). Isso se deve pelo resíduo aplicado no solo possuir um valor considerável de $C_{org}$ em sua composição (52.343 mg $L^{-1}$). O aumento do Corg observado no Tempo-0 em função das doses de RIF aplicadas tende a diminuir e estabilizar a partir do Tempo-40. Em adição, para todas as doses, o $C_{org}$ diminui gradativamente no decorrer do tempo (**Figura 1B**).

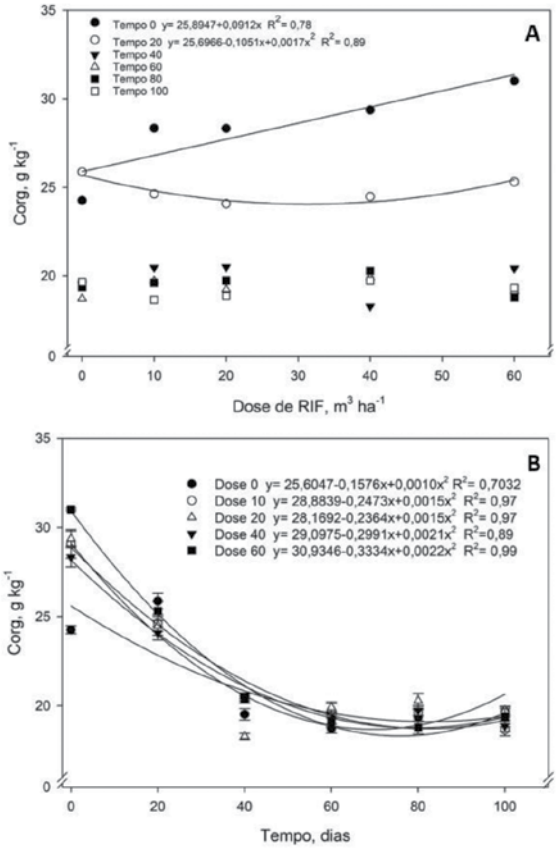



**Figura 1.** Teores de $C_{org}$ do solo em relação a aplicação de RIF nos diferentes tempos de avaliação (A) e teor de $C_{org}$ do solo nas diferentes doses aplicadas do RIF ao longo do tempo (B).

A adição do RIF gera um aumento na disponibilidade de nutrientes, principalmente de N, acelerando a atividade microbiana e diminuindo teor de $C_{org}$ ao logo do tempo. Isso também foi observado por Frosi *et al* (2019), que com a adição do RIF ao solo, ocasionou um aumento das taxas respiratórias dos microrganismos, levando à redução do $C_{org}$. Ainda, o $C_{org}$ presente no RIF apresenta uma degradação no solo semelhante à da glicose (MATIAZZO *et al.*, 2002), a qual é facilmente degradada. Todavia, quando o $C_{org}$ do resíduo diminui, a população de microrganismos passa a consumir a MO do solo como fonte de energia (PARRON *et al.*, 2003).

O solo que não recebeu o RIF (Dose-0) também teve diminuição do conteúdo de $C_{org}$, no entanto, nota-se que a diminuição foi mais branda em relação às demais doses (**Figura 1B**). O decréscimo observado neste tratamento é decorrente do crescimento microbiano, ocasionado pelo aumento da umidade do solo e sua mobilização durante a implantação do experimento. O consumo de $C_{org}$ é mais lento, pois não teve disponibilidade de nutrientes (TREVISAN *et al.*, 2002).

O pH do solo aumentou após a aplicação do RIF ($p<0,05$; **Figura 2A**) para todos os tempos e conforme a dose aplicada. No Tempo-0 o acréscimo no valor de pH pode estar relacionado com o pH do resíduo aplicado ser mais alcalino que o pH inicial do solo. A partir do tempo-20 observa-se um aumento mais expressivo dos valores de pH em relação ao tempo inicial. Este aumento é devido a rápida mineralização do carbono, ocasionada pela ativação microbiológica, condiciona um microambiente redutor que eleva o pH do solo, podendo visualizar este efeito ao longo dos demais tempos (REIS e RODELLA, 2002).

No entanto, após 80 dias de incubação, este pH tende a diminuir, o que pode ser explicado pela atividade dos microrganismos (**Figura 2B**). Segundo Rheinheimer *et al.* (1998), um maior acúmulo de carbono acarreta uma maior atividade biológica e leva à liberação de compostos intermediários, que, ao atingirem o estado coloidal, podem dissociar-se liberando hidrogênio.

O teor de P disponível aumentou ligeiramente após a aplicação do RIF ($p<0,05$; **Figura 3A**). Para todos os tempos de avaliação o aumento foi linear, aumentando o teor de P disponível conforme a dose aplicada. Porém, nota-se que no Tempo-0 este acréscimo foi mais expressivo em relação aos demais tempos. Este comportamento é resultante da adição de P através do resíduo aplicado no solo.

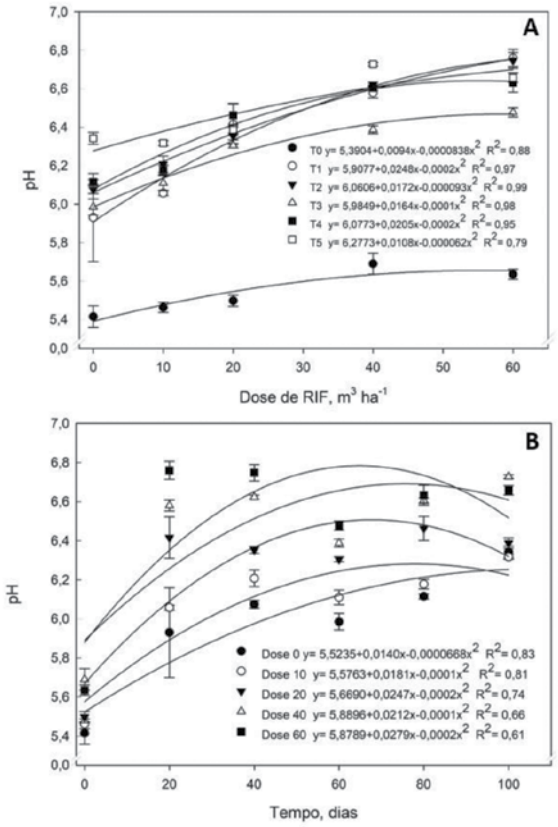



**Figura 2.** pH do solo em relação a aplicação de RIF nos diferentes tempos de avaliação. T0: Tempo 0; T1: Tempo 20; T2: Tempo 40; T3: Tempo 60; T4: Tempo 80; T5: Tempo 100 (A) e pH do solo nas diferentes doses de aplicação de RIF ao longo do tempo (B).

Com exceção da Dose-0, os teores decresceram ao longo do tempo de avaliação, sendo observada com mais expressividade nas doses de 60 e 40 $m^3$ (**Figura 3B**). Essa queda no teor do P disponível ocorre em consequência do aumento da atividade microbiana, aumentando em conjunto a isso as taxas de imobilização do elemento de fácil absorção. O fato de os microrganismos por vezes imobilizarem o P, não significa que a presença deles no solo seja um empecilho para o desenvolvimento das plantas. A biomassa microbiana do solo constitui um reservatório lábil de P, que varia conforme os ciclos de imobilização e mineralização do elemento. Alguns microrganismos, desempenham papel fundamental nos processos de suprimen-

to de P para as plantas, como os fungos micorrízicos arbusculares que atuam como extensões das raízes, aumentando a área de absorção e a velocidade de absorção do elemento (MENDES e REIS JUNIOR, 2003; MACHADO *et al.*, 2012).

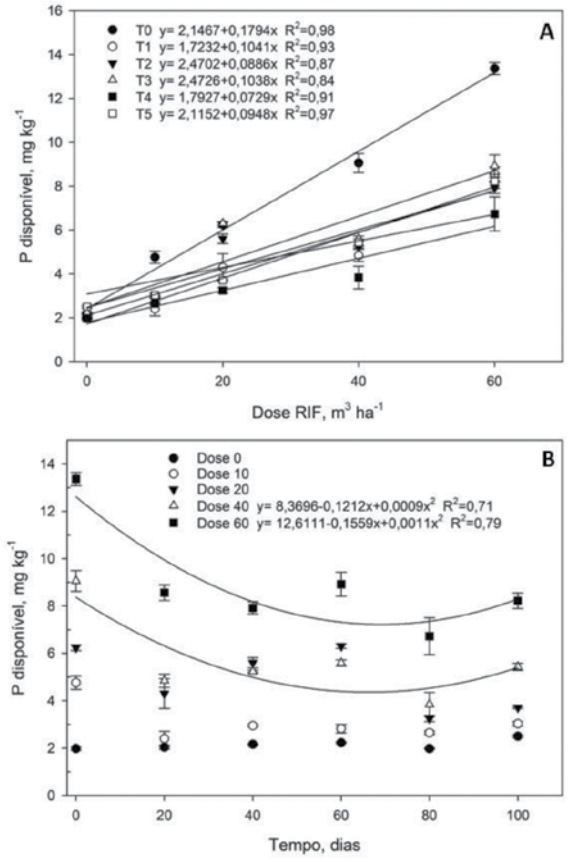



**Figura 3.** Teores de P disponível do solo em relação a aplicação de RIF nos diferentes tempos de avaliação. T0: Tempo 0; T1: Tempo 20; T2: Tempo 40; T3: Tempo 60; T4: Tempo 80; T5: Tempo 100 (A) e teores de P disponível nas diferentes doses de aplicação de RIF ao longo do tempo (B).

## CONCLUSÕES

A aplicação de RIF no solo diminui o teor de $C_{org}$ no solo ao longo do tempo como uma resposta do aumento da atividade da microbiota. Inicialmente o pH do solo aumenta, porém ao longo do tempo este é reduzido pela atividade dos microrganismos.

O RIF tem capacidade de aumentar o teor de P no solo, embora ocorra, ao longo do tempo, uma diminuição do teor de P disponível devido sua imobilização.

## REFERÊNCIAS

BASSO, C. J. *et al.* Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 43, n. 4, p. 596602, Abr. 2013.

CAPUANI, S. *et al.* Atividade microbiana em solos, influenciada por resíduos de algodão e torta de mamona. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. 16, n. 12, p. 1269-1274, Dez. 2012.

COELHO, L. C. *et al.* Resíduo de Curtumes como Fonte de Nitrogênio para Trigo e Arroz em Sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v. 39, n. 5, p. 1445-1455, Out. 2015.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos análises de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro. 23. ed. 2017.

FROSI, G. *et al.* Respiração microbiana e dinâmica de nutrientes em solo fertilizado com resíduo industrial salino. **XXXVII Congresso Brasileiro de Ciência de Solo.** Julho de 2019. MACHADO, D. M. et al. Atividades microbianas e as transformações no ciclo dos elementos no solo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer.** Goiânia. v.8, n.15, Nov. 2012.

MANTOVANI, J. R. *et al.* Alterações nos atributos de fertilidade do solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v.29, n.5, p.817- 824, 2005.

MELLO, S. C. & VITTI, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do toma-

teiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. Brasília. v. 20, n. 3, p. 452-458, Set. 2002. 21

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.

Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. **Documentos – Embrapa.** Planaltina. 1. Ed. 2003.

PARRON, L. M. *et al.* Mineralização de nitrogênio e biomassa microbiana em solos de mata de galleria: efeito do gradiente topográfico. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento –**

**Embrapa.** Planaltina. 1. Ed. 2003.

RAYMUNDO, V. *et al.* Resíduos de serragem de mármores como corretivo da acidez de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande. v. 17, n. 1, p. 4753, Jan. 2013.

REIS, T. C.; RODELLA, A. A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** p. 619-626. 2002. RHEINHEIMER, D. S.; *et al.* Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. p.713-721. 1998.

SCHWENGBER, A.A. *et al.* Teor de clorofila de milho fertilizado com resíduo industrial. **Anais da VIII contextos e conceitos. Mostra de produção científica e extensão.** Agosto de 2018.

SILVA, R. F. *et al.* Doses de dejeto líquido de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 44, n. 3, p. 418-424, Mar. 2014.

TEDESCO, M.J. *et al.* Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. **Rev. e ampli**.- Porto Alegre: departamento de solos, UFRGS, 1995.

TREVISAN, R.; *et al.* Atividade microbiana em argissolo vermelho-amarelo distrófico típico coberto com aveia preta (Avena sp.) no outono, em um pomar de pessegueiro. **Revista Científica Rural**, v.7, p.83-89. 2002.

ZANQUETTI, A. *et al.* Teores de fósforo e potássio em solos que receberam resíduos de fabricação de heparina. **Anais da VII contextos e conceitos. Mostra de produção científica e extensão.** Setembro de 2017.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Composição de Biocarvão produzido a partir de Cascas de Cupuaçu submetidas a diferentes Temperaturas

Melissa Andrade Zamai[1]; Michely Andrade Zamai[1];Fabrício Marinho Lisbôa[2]; Selma de Oliveira Freitas[2]; Michelle Silva Ramos[2]

[1]Estudante, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Endereço: RO 257, Km 13, Sentido Machadinho do Oeste – RO, Zona Rural, Ariquemes – Rondônia, CEP: 76878-899, Caixa Postal: 130, Endereço eletrônico andrademelissa2003@gmail.com, andrademichely2003@gmail.com. [2]Professor(a), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Endereço: RO 257, Km 13, Sentido Machadinho do Oeste – RO, Zona Rural, Ariquemes – Rondônia, CEP: 76878-899, Caixa Postal: 130, Endereço eletrônico fabriciomlis@gmail.com, selma.freitas@ifro.edu.br, msrufv@yahoo.com.br.

## INTRODUÇÃO

O biocarvão pode ser definido como biomassa vegetal, que sofreu pirólise em um ambiente de oxigênio nulo ou baixo, sendo melhor descrito como condicionar de solo. Sugere-se que os componentes de carbono no biocarvão são altamente recalcitrantes, com tempos de residência no solo reportados de 100 a 1.000 anos. Aproximadamente 10 a 1.000 vezes maior do que o tempo de residência da maioria da matéria orgânica do solo (VERHEIJEN et al., 2010).

Inicialmente a combustão leva a perda de massa do material original, em função da degradação de compostos voláteis, além da degradação de compostos como hemicelulose e celulose, enquanto ocorre aumento proporcional de lignina. A liberação de materiais voláteis contribui para aumento da formação de poros que servem como habitat para a microbiota e retenção de água no solo (VERHEIJEN et al., 2010; CONZ, 2015).

As propriedades do biocarvão dependem da composição do material a ser utilizado e da temperatura empregada. Quando a temperatura de pirólise é alta, menos biocarvão é gerado e a microestrutura se desenvolve mais efetivamente. Porém, se a temperatura for muito alta, a perda de carbono, e outros elementos do grupo funcional na superfície, é excessiva (TAN et al., 2014).

Utilizando as temperaturas de pirólise de 200, 300, 400 e 500 ºC, Chen et al. (2014), reportaram aumento de pH, teor de cinzas, e carbono orgânico, enquanto os teores de N, O, H diminuíram. Através de Ressonância Magnética Nuclear, os autores verificaram que houve perda de estruturas como celulose e hemicelulose, e a concentração de grupos aromáticos com o aumento de temperatura, esses grupos aromáticos são responsáveis pela maior permanência do carbono no solo. Esses dados indicaram que a melhor temperatura para produção de biocavão encontrava-se entre 500 a 700 °C.

Com relação aos diferentes materiais que podem ser utilizados na produção de biocarvão, esses vêm sendo relatados os mais diversos, sendo necessário o estudo de caracterização antes da recomendação mais precisa de diferentes biomassas.

Assim, o objetivo desse trabalho foi testar a influência das temperaturas: 300, 400 e 500 °C sobre a composição de cascas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), para produção de biocarvão.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Teste de Temperatura

As cascas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) foram secas em estufa a 105 °C por 48 h, até obtenção de massa constante. Em seguida, as cascas foram moídas em um moinho de facas Willey (SL-32 Solab). Após o qual, as amostras estavam prontas para serem submetidas aos tratamentos.

Com base na literatura consultada, as temperaturas utilizadas como tratamentos para degradação dos componentes vegetais foram, respectivamente: 300 °C; 400 °C e 500 °C (CHEN et al., 2014). Essas temperaturas foram selecionadas por terem apresentado os melhores resultados em outros estudos, além de facilitar as comparações.

A taxa de aquecimento foi de 10 °C $min^{-1}$ durante os 30 primeiros minutos, a partir de então, a taxa foi aumentada para aproximadamente 20 °C $min^{-1}$ até atingir a temperatura final desejada. Ao alcançar o valor desejado de temperatura, a mesma foi mantida constante por 15 minutos, quando a reação foi considerada encerrada (CONZ, 2015). Após esfriamento em dessecador, o material obtido foi armazenado em ambiente hermeticamente fechado, até as análises.

### Massa remanescente (Mr)

A fim de se verificar a massa do material após a elevação da temperatura, foi calculada a massa remanescente (Mr), dividindo a massa da amostra final pela massa da amostra inicial, multiplicado por cem.

### Análise de Carbono e Nitrogênio

A análise do carbono foi realizada por oxidação por dicromato em meio ácido, determinada colorimetricamente a 600 nm (ANDERSON; INGRAM, 1992). A determinação do nitrogênio foi realizada por meio de solubilização sulfúrica seguida do método Kjeldahl (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2000).

### Polifenóis, Celulose e Lignina

A determinação dos teores de moléculas recalcitrantes como Polifenóis, Celulose e Lignina, foi realizada com base na solubilidade em solução detergente, segundo o método de Robertson & Van Soest (1981).

### Espectroscopia de infravermelho com transformada de *Fourier* por refletância difusa

As análises de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de *Fourier* foram conduzidas por Refletância Difusa usando espectrômetro Shimadzu (DRS-8000A). Cada amostra foi misturada e triturada com brometo de potássio (KBr), após secagem em estufa a 60 ° C, e a leitura realizada empregando 40 varreduras e resolução de 4 $cm^{-1}$, na faixa espectral de 4.000 a 400 $cm^{-1}$. Os dados de espectro e intensidade de banda foram obtidos pelo programa Shimadzu IR Solution 1.6 após ajustar a linha de base geral do espectro em três pontos: 4.000, 2.000 e 400 $cm^{-1}$.

### Análise dos Resultados

O Experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado, sendo aplicados quatro tratamentos e três repetições. Os Tratamentos foram: o material original (controle); material aquecido à 300 °C; material aquecido à 400 °C e material aquecido à 500 °C. Todos os resultados de caracterização do material foram submetidos à análise de variância (ANOVA). No caso de efeitos significativos indicados na ANO-

VA, foram efetuadas comparações de médias por teste de Tukey (α=5%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diminuição da massa remanescente em função do aumento da temperatura, variando de 32,3%, em 300 °C, a 17,7%, em 500 °C (Tabela 1). Esta redução foi superior a 80% em 500 °C. Zhao et al. (2018) caracterizando biocarvões de diferentes fontes vegetais, obteve uma massa remanescente de, aproximadamente, 18 a 41%, a uma temperatura de 500 °C. Esse fato pode estar relacionado à perda de água, compostos voláteis e também componentes complexos, como a celulose (ZHANG et al., 2020).

Conforme mostrado na tabela 1, a celulose e os polifenóis diminuíram com o aumento da temperatura para 500 °C. Os polifenóis diminuíram de 8,4 g.kg$^{-1}$ para 1,0 g.kg$^{-1}$ e a celulose diminuiu de 307,2 g.kg$^{-1}$ para 13,2 g.kg$^{-1}$. O comportamento oposto foi observado para Lignina e Cinzas, aumentando os valores com o aumento da temperatura. A lignina aumentou de 438,2 g.kg$^{-1}$ para 896,4 g.kg$^{-1}$ e as cinzas de 5,6 g.kg$^{-1}$ para 19,1 g.kg$^{-1}$. Como houve diminuição da Massa Remanescente e de Polifenóis e Celulose, isso pode indicar que havia maior participação de Lignina na composição das cinzas.

Os teores de carbono (C) foram menores no material verde, 424,5 g.kg$^{-1}$, aumentando significativamente em 500 °C para 465,5 g.kg$^{-1}$. Entretanto, os maiores valores foram observados nas temperaturas intermediárias de 300 e 400 °C (488,6 e 488,3 g.kg$^{-1}$, respectivamente). Também foi observado aumento para o nitrogênio (N), o qual aumentou de 4,7 g.kg$^{-1}$ para 6,6 g.kg$^{-1}$, em 500 °C (Tabela 1). Esse comportamento pode estar associado a um aumento nos valores de lignina, em relação ao material original. De acordo com Zhang et al. (2020), isso indica que a estrutura aromática se forma em temperaturas crescentes devido à decomposição da celulose e outras macromoléculas.

Tabela 1. Valores de Massa Remanescente (Mr), Cinzas, Carbono (C), Nitrogênio (N), Polifenóis (Pol), Celulose (Cel) e Lignina (Lig) em biocarvão produzido a partir de cascas de cupuaçu submetida a diferentes temperaturas.

| Variável | T000 | T300 | T400 | T500 |
|---|---|---|---|---|
| Mr (%) | - | 32,3a[(1)] | 22,8b | 17,7c |
| Cinzas (g.kg$^{-1}$) | - | 5,6c | 15,6b | 19,1a |
| C(g.kg$^{-1}$) | 424,5c | 488,6a | 488,3a | 465,5b |
| N (g.kg$^{-1}$) | 4,7c | 7,8a | 7,8a | 6,6b |
| Pol (g.kg$^{-1}$) | 8,4a | 1,2b | 0,9c | 1,0c |
| Cel (g.kg$^{-1}$) | 307,2a | 44,3b | 16,7c | 13,2d |
| Lig (g.kg$^{-1}$) | 438,2d | 922,7a | 894,4c | 896,4b |

[(1)]Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si, nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier, por Refletância Difusa, mostrou semelhanças entre os espectros a 300, 400 e 500 °C (Figura 1). Todos os espectros mostraram a banda 1.650 cm$^{-1}$ de vibração de estiramento de C=C em anel aromático e vibração de estiramento de C=O em cetona e quinona (1.600-1.580 cm$^{-1}$) (Zang et al., 2020); e bandas 1.250 cm$^{-1}$ de estiramento assimétrico de C-O-C; e 1.720 cm$^{-1}$ relacionada à ligação C=O (BARBOSA, 2007);

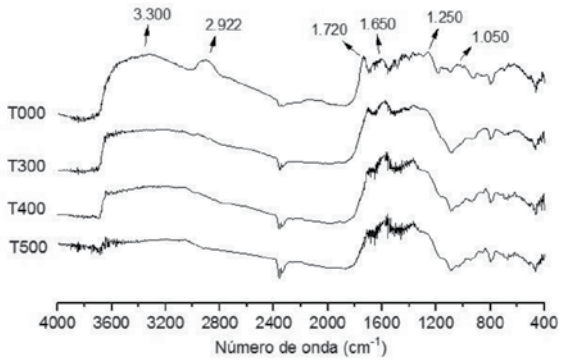



Figura 1. Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de *Fourier*, por Refletância Difusa, de biocarvão produzido a partir de casca de cupuaçu submetida a diferentes temperaturas.

Esses espectros diferiram do material original quanto à presença da banda 3.300 $cm^{-1}$, ligação H do grupo OH, indicando perda de água do material original, quando submetido a diferentes temperaturas (WANG et al., 2013).

Houve diminuição nas bandas relacionadas aos grupos alifáticos como banda 2.922 $cm^{-1}$, da vibração de estiramento assimétrico C–H (grupamento alifático); e banda 1.050 $cm^{-1}$ de estiramento em C-O (BARBOSA, 2007). A diminuição dessas bandas está relacionada à perda de compostos como celulose e polissacarídeos (WANG et al., 2013; ZHANG et al., 2020), o que corrobora à diminuição de celulose e polifenóis após o aumento da temperatura, observado na **tabela 1**.

A diminuição de compostos de água e carbono menos resistentes à temperatura corrobora os dados, aqui apresentados, sobre a perda de massa do material quando submetido a altas temperaturas e pode ser indicativo da perda de compostos como polifenóis e celulose, que também diminuíram após a temperatura aumentar.

O aumento da temperatura, que proporciona a perda de OH e grupos alifáticos, melhora a formação de poros devido ao desenvolvimento de estruturas em anel aromático (WANG et al., 2013).

## CONCLUSÕES

O Aumento da temperatura aplicada sobre as cascas de cupuaçu, para produção de biocarvão, proporcionou alterações em sua composição. Além da perda de água e redução de compostos alifáticos, houve aumento proporcional de compostos recalcitrantes, como a Lignina.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) pelo apoio ao Projeto.

## REFERÊNCIAS

Anderson JD, Ingram JSI. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2a ed. London: Oxford University Press; 1992.

Barbosa LCA. Espectroscopia no Infravermelho na caracterização de compostos orgânicos. Viçosa: UFV; 2007.

Chen CP, Cheng CH, Huang YH, Chen CT, Lai CM, Menyailo OV, Fan LJ, Yang YW. Converting leguminous green manure into biochar: changes in chemical composition and C and N mineralization. Geoderma. 2014; 232/234, p. 581–588. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.06.021

Conz RF. Caracterização de matérias-primas e biochars para aplicação na agricultura. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2015. [Acessado em: 21 ago. 2020]. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/td e-13052015142608/publico/Rafaela_Feola_Conz_versao_revisada. pdf.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Métodos de Análise de Tecidos Vegetais Utilizados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2000. [Acessado em: 21 ago. 2020]. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62212/1/Metodo-de-analise-de-tecido.pdf

Robertson JB, Van Soest PJ. The detergent system of analysis and its application to humam foods. In: James WPT, Theander O, editor. The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker; 1981.

Tan C, Yaxin Z, Hongtao W, Wenjing L, Zeyu Z, Yuancheng Z, Lulu R. Influence of pyrolysis temperature on characteristics and heavy metal adsorptive performance of biochar derived from municipal sewage sludge. Bioresource Technology. 2014; 164, p. 47–54. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.048

Verheijen F, Jeffery S, Bastos AC, Van Der Velde M, Diafas I. Biochar Application to Soils: A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities; 2009. [Acessado em: 21 ago. 2020]. Disponível em: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstrea m/111111111/13558/1/jrc_biochar_soils.pdf.

Wang Y, Hu Y, Zhao X, Wang S, Xing G. Comparisons of biochar properties from wood material and crop residues at different temperatures and residence times. Energie Fuel. 2013; 27: 5890-5899. DOI: https://doi.org/10.1021/ef400972z

Zhang X, Zhang P, Yuan X, Li Y, Han L. Effect of pyrolysis temperature and correlation analysis on the yield and physicochemical properties of crop residue biochar. Bioresource Technology. 2020; 296: 1-8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122318

Zhao B, O'Connor D, Zhang J, Peng T, Shen Z, Tsang DCW, Hou D. Effect of pyrolysis temperature, heating rate, and residence time on rapeseed stem derived biochar. Journal of Cleaner Production. 2018; 174: 977987. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.013

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Concentrações de Elementos Traços em Perfis de Solo Originados de Granitos em Uma Climossequência de Pernambuco

Amanda Barbosa de Andrade Mendes[1]; Camila Victória da Silva Brasil[2]; Gustavo Vieira Nunes[2]; Caio César Gueiros[2]; Laura Mariana Nascimento de Santana[2]; Ygor Jacques Agra Bezerra Silva[3]

[1]Estudante, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros Street, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, andrade.amandamendes@gmail.com; [2]Estudante; Universidade Federal Rural de Pernambuco; [3]Professor Adjunto; Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## INTRODUÇÃO

Os granitos estão entre os tipos de rochas mais comuns que ocorrem na crosta continental. Como resultado dos seus distintos processos petrogenéticos (CHAPPELL; WHITE, 1974, 2001; FROST et al., 2001), as rochas graníticas apresentam importantes diferenças mineralógicas e químicas (FODEN et al., 2015; SILVA et al., 2017). O sistema de classificação proposto por Chappell e White (2001) para diferenciar granitos em tipos I e S tem sido utilizado por diversos autores (CHAPPELL et al., 2012; GUANI et al., 2013; SILVA et al., 2018). Os granitos tipo I e S são formados pela fusão de rochas ígneas (materiais infracrustais) e sedimentares (materiais supracrustais), respectivamente (CHAPPELL; WHITE, 1974, 1984, 2001).

Os granitos estão distribuídos em vastas regiões tropicais e temperadas. Cerca de um terço dos solos de Pernambuco são originados de granitos tipos I e S (BRAZIL, 2001). Portanto, esses materiais de origem representam uma base importante para o desenvolvimento da atividade agrícola, além de influenciar em diversas questões ambientais, tais como: processos biogeoquímicos, preservação da qualidade da água e sequestro de carbono (BLUM et al., 2006).

Compreender o efeito da composição química e mineralógica dos granitos tipos I e S na geoquímica dos elementos traços em solos localizados em diferentes condições climáticas é crucial para aperfeiçoar o manejo agrícola, auxiliando na preservação da qualidade do solo e do ambiente. Nesse cenário, Pernambuco possui posição estratégica para estudar a geoquímica de solos graníticos em diferentes gradientes ambientais, pois sua distribuição geográfica abrange três zonas climáticas (úmida, subúmida e seca) (BRAZIL, 2001).

Portanto, este estudo objetivou investigar a influência de diferente composições mineralógicas de granito (tipos S e I) na geoquímica de elementos traço em perfis de solo ao longo de uma climosequência de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área

A pesquisa foi realizada no Estado de Pernambuco, na Província Borborema, em três zonas climáticas (Figura 1): (I) úmida, com precipitação média anual de 1800 mm, temperatura média anual de 27 °C e umidade relativa de 80 % (NASCIMENTO et al., 2006); (II) subúmida, caracterizada por temperatura média de 24 °C e precipitação anual variando de 800 a 1000 mm; (III) seca, com umidade relativa em cerca de 50 %, temperatura média anual variando de 23 a 27 °C e balanço hídrico negativo: a precipitação média (< 800 mm) é menor que a taxa anual de evaporação (2.000 mm) (BRITO et al.,2007).

De acordo com as variações climáticas, obtêmse o seguinte zoneamento da vegetação: (I) floresta atlântica tropical - bioma extremamente diversificado (THOMAS et al., 1998); (II) floresta semidecidual, domínio de caatinga hipoxerófila (DRUMOND et al., 2004); (III) Caatinga hiperxerófila - bioma exclusivo do território brasileiro. Detalhes das características geológicas da área de estudo podem ser observadas em diversos trabalhos (SILVA et al., 2016; AMORIM et al., 2018; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2018; LONG et al., 2019; SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2020).

### 2.2. Preparo do solo e amostragem

Foram selecionados, de acordo com mapa litológico (BRAZIL, 2001), solos originados das rochas graníticas do tipo S e I, com vegetação preservada, e nula ou mínima interferência antrópica nas três condições climáticas (Figura 1). As coletas foram feitas em áreas de declividade suave (3-8%), classificadas de acordo com o WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014), dos quais não mostraram qualquer evidência de descontinuidade lítica (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014).

### 2.3. Digestão das amostras e determinação dos elementos traços

Amostras de 1,0 g de solo foram digeridas em forno micro-ondas utilizando recipientes de Teflon em uma mistura de HCl (3 mL), HF (3 mL) e $HNO_3$ (6 mL) (MINERALOGICAL METHODS - SSSA, 2008). As análises das amostras foram realizadas apenas quando o R-quadrado da curva de calibração era maior que 0,99; quando um desvio superior a 10% foi detectado, o instrumento foi recalibrado. Todas as digestões foram realizadas com duas duplicatas.

Os elementos traços foram analisados por ICPOES. Para melhorar a detecção dos elementos nas amostras, foi utilizado um nebulizador acoplado a uma câmara de pulverização ciclônica. Os valores foram confirmados com um Material de Referência Padrão Internacional (NIST, 2002): San Joaquin Soil - SRM 2709. As recuperações dos elementos traços aumentaram na ordem (%): Co (79) < Zr (81) < Pb (84) < Ni (86) < Cd (88) < V (89) < Ba (91) < Cr (92) < Zn (102) < Cu (109). Esses valores foram adequados e indicam a qualidade das determinações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No geral, as concentrações de elementos traços em perfis de solo desenvolvidos de granitos tipo S e I estão associadas ao fator material de origem. O maior teor de elementos traços foi evidenciado em solos derivados de granitos tipo I em ambientes sub-úmidos (Figura 2). As maiores concentrações médias de elementos traços em solos do tipo I, exceto Th e Pb (Figura 2), são decorrentes da maior quantidade de minerais acessórios (SILVA et al., 2016).

A geoquímica dos elementos traços em solos derivados de ambos os tipos de granitos demonstrou a importância do fator geológico na pedogênese. O enriquecimento de elementos traços entre os perfis de solo originados por ro-

chas graníticas do tipo S e I foram visivelmente diferentes no ambiente seco. O cenário geológico e as condições climáticas, portanto, é essencial para compreender a geoquímica do solo, pois os tipos de granito imprimem diferentes assinaturas geoquímicas nos solos (Figura 2).

## CONCLUSÕES

Esta pesquisa aborda o efeito de diferentes composições mineralógicas de tipos de granitos na geoquímica de elementos traços em perfis de solos desenvolvidos ao longo de um gradiente climático no nordeste do Brasil. O tipo de granito forneceu diferentes assinaturas geoquímicas nos perfis do solo ao longo da climosequência avaliada. Os elementos traços foram pouco lixiviados durante o intemperismo químico. Tendo em vista a ampla distribuição de solos derivados desses tipos de granitos em regiões tropicais, os resultados descritos nesse trabalho são úteis para facilitar a compreensão da geoquímica dos elementos traços em inúmeras regiões do mundo onde há ocorrência de granitos dos tipos S e I.

## REFERÊNCIAS

Amorim JVA, Guimarães IP, Farias DJS, Lima JV, Santos L, Ribeiro VB, Brainer C. LateNeoproterozoic ferroan granitoids of the Transversal sub-province, Borborema Province, NE Brazil: petrogenesis and geodynamic implications. Int. Geol. Rev. 61; 2018. p. 1745-1767.

Blum, W.E.H., Warkentin, B.P., Frossard, E., 2006. Soil, human society and the environment. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 266, 1-8.

Brazil. 2001. Geology and Mineral Resources of Pernambuco State. Geological Survey of Brazil and of Pernambuco State, Recife, CPRM. Ministry of Mines and Energy, Brasília, Brazil.

Brito LTL, Moura MSB, Gama GFB. Potencialidades da água no Semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido, Petrolina 181; 2007.

Chappell, B.W., Bryant, C.J., Wyborn, D., 2012. Peraluminous I-type granites. Lithos 153, 142–153.

Chappell, B.W., White, A.J.R., 1984. I- and S- type granites in the Lachlan Fold Belt. southeastern Australia. In: Keqin, Xu, Guangchi, Tu (Eds.), Geology of Granites and their Metallogenic Relation. Science Press, Beijing, pp. 87–101.

Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. Pac. Geol. 8, 173–174.

Chappell, B.W., White, A.J.R., 2001. Two contrasting granite types: 25 years later. Aust. J. of Earth Sci. 48, 489–499.

Drumond MA, Santana AC, Atoniole A. Recomendações para o uso sustentável da biodiversidade no bioma Caatinga. *In:* Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA-UFRPE, Brasília; 2004. p.47-90

Foden, J., Sossi, P.A., Wawryk, C.M., 2015. Fe isotopes and the contransting petrogenesis of A-, Iand S-type granite. Lithos 32 (44), 212–215.

Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., Frost, C.D., 2001. A geochemical classification for granitic rocks. J. Petrol. 42, 2033– 2048.

Guani, A.A., Searle, M., Robb, L., Chung, S.L., 2013. Transitional I S type characteristic in the Main Range Granite. Peninsular Malaysia. J. Asian Earth Sci. 76, 225–240.

IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. World Soil Resources Report No. 106, FAO, Rome.

Long LE, Ketchama DH, Fanning CM, Alcides NS. The unregenerate São Rafael pluton, Borborema Province,

Northeastern Brazil. Lithos 332-333; 2019. p.192-206.

Mineralogical methods - SSSA, 2008. In: Ulery, A.L., Drees, L.R. (Eds.), Part 5 – Methods of Soils Analysis. Book Series 5 Soil Science Society of America, Madison, USA, Wisconsin.

Nascimento CWA, Oliveira AB, Ribeiro MR, Melo ÉEC. Distribution and availability of zinc and copper in benchmark soils of Brazil. Commum. Soil Sci. Plan. Anal. Athens 37(1-2); 2006. p. 109-125.

NIST - National Institute of Standards and Technology, 2002. Standard Reference Materials SRM 2709, 2710 and 2711 Addendum Issue Date: 18 January 2002.

Oliveira RG, Medeiros WE. Deep crustal framework of Borborema Province, NE Brazil, derived from gravity and magnetic data. Precambr. Res. 315; 2018. p. 45-65.

Silva, Y.J.A.B., do Nascimento, C.W.A., Biondi, C.M., Van Straaten, P., de Souza Jr., V.S., Ferreira, T.O., 2016. Weathering rates and carbon storage along a climosequence of soils developed from contrasting granites in northeast Brazil. Geoderma. 284, 1–12.

Silva, Y.J.A.B., Nascimento, C.W.A., Van Straaten, P., Biondi, C.M., Souza, V.S., Silva, Y.J.A.B., 2017. Effect of I- and S-type granite parent material mineralogy and geochemistry on soil fertility: A multivariate statistical and Gis-based approach. Catena 149, 64–72.

Silva, Y. J. A .B., do Nascimento, C. W. A., Van Straaten, P., Biondi, C.M., Silva, Y. J. A. B., Araújo, J.C.T., Alcantara, V.C., Silva, F.L., Silva, R. J. A. B., 2018. Rare earth element geochemistry during weathering of S-type granites from dry to humid climates of Brazil. J. Plant Nutr. Soil Sci. 000, 1 – 16.

Silva, T.R., Ferreira, V.P., Lima, M.M.C., Sial, A.N., 2019. Geochemical and isotope evidence for mantle– derived source rock of high –K calc–alkaline I–type granites, Pernambuco-Alagoas Domain, northeastern Brazil. Int. J. Earth Sci. 108, 1095 – 1120.

Silva, Y.J.A.B., do Nascimento, C.W.A., Biondi, C. M., Van Straaten, P., Silva, Y.J.A.B., de Souza Jr., V. S., Araújo, J.C.T., Alcantara, V.C., Silva, F. L., Silva, R.J.A.B., 2020. Concentrations of major and trace elements in soil profiles developed over granites across a climosequence in northeastern Brazil. Catena. 193, 115.

Thomas, W.W., Carvalho, A.M.V., Amorim, A.M.A., Arbelaez, A.L., 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. Biodiversity Conserv. 7 (3), 311–322.

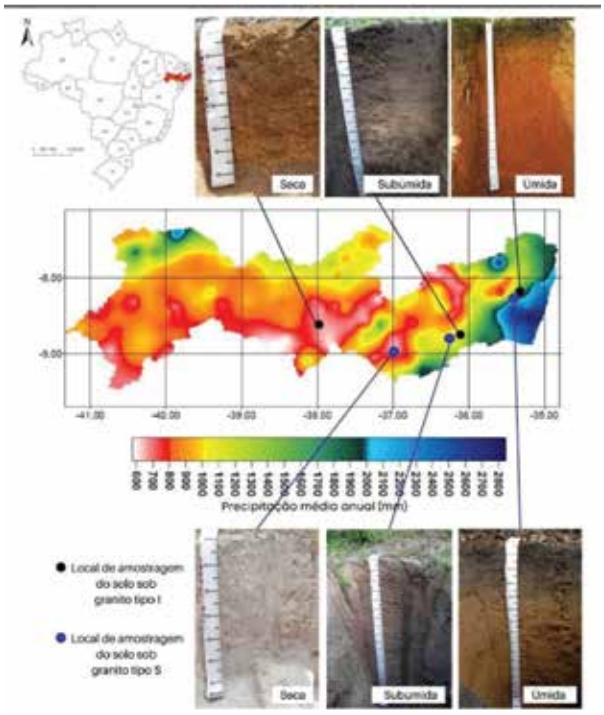



Figura 1. Solos originados de granitos tipo S e I ao longo de uma climosequência no Nordeste do Brasil.

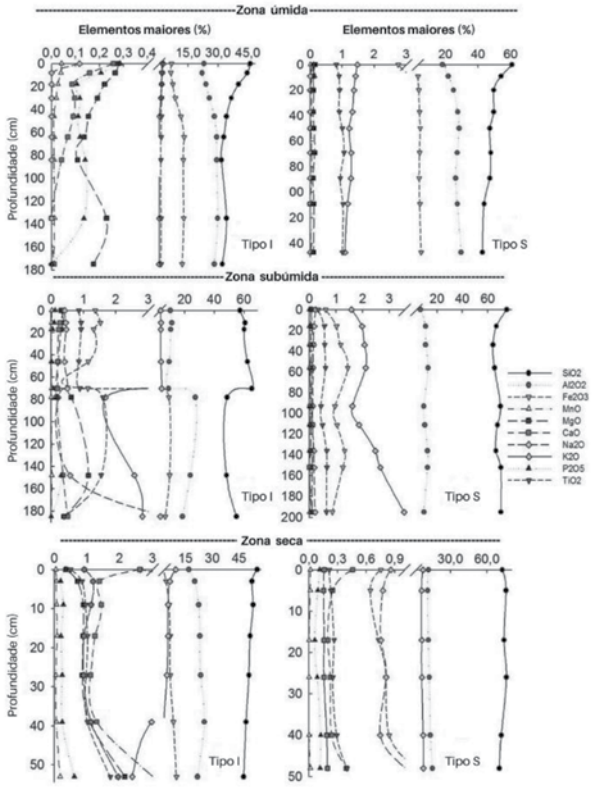



Figura 2. Concentrações de elementos traços em solos originados de rochas graníticas do tipo S e I ao longo de uma climosequência no Nordeste do Brasil.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Determinação dos Teores de Fósforo por Diferentes Métodos em Organossolos no Rio de Janeiro

Hugo de Souza Fagundes [1]; Otavio Augusto Queiroz dos Santos[2]; Yan Vidal de Figueiredo Gomes Diniz[2]; Marcos Gervasio Pereira[3]; Orlando Carlos Huertas Tavares[4]; Arcângelo Loss[5]

[1] Estudante de graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rodovia BR 465, km 7, Seropédica-RJ, 23890-000, hugofagundes.90@gmail.com;[2]Estudante do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo da UFRRJ; [3]Professor Titular do Departamento de Solos da UFRRJ; [4] Pós-Doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (UFRRJ);[5]Professor Associado do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga, 1346; Florianópolis, SC, 88034-000

## INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos elementos mais limitantes para o desenvolvimento das culturas em solos tropicais, tanto em função das baixas reservas, quanto pela elevada fixação em decorrência da presença dos óxidos de ferro e alumínio. Nesses solos, grande parte dos óxidos se encontra com carga positiva, contribuindo para fixação de P. Novais e Smyth (1999) destacam que além da composição mineralógica, o grau de cristalização dos óxidos de ferro e os teores de matéria orgânica podem influenciar de sobremaneira a adsorção de P no solo. Em estudos realizados com solos formados a partir de diferentes materiais de origens, Valladares et al. (2003) observaram em solos com textura mais argilosa maior capacidade de adsorção de P.

Existe uma grande variabilidade dos métodos disponíveis para a determinação do P no solo. O método Mehlich-1, também denominado de Carolina do Norte ou duplo ácido, é o mais utilizado para a extração do P no Brasil. Através do emprego dessa solução extratora, pode ser quantificado os teores de P-lábil, fósforo disponível ligado ao ferro e alumínio. Porém, não é possível determinar-se o P ligado ao cálcio (Ca), denominado de P-não lábil ou fósforo não disponível.

O método de Olsen já é capaz de quantificar o P-não lábil. É uma solução alcalina tamponada com $NaHCO_3$ 0,5 mol $L^{-1}$, desenvolvida para solos calcários por Olsen et al. (1954). O princípio do método é a liberação do P ligado a Fe e Al em pH elevado. O íon $HCO_3^-$ atua substituindo o P adsorvido no solo e reduzindo a atividade de $Ca^{2+}$ em solução.

Quanto ao fósforo remanescente (P-rem), se faz uma determinação pela qual se pode mensurar a quantidade de P que permanece em solução de equilíbrio em resposta a uma concentração de P adicionada ao solo (Donagemma et al., 2008). Esse método foi proposto por Bache & Williams (1971) e tem sido uma solução prática para se obter um índice do fator capacidade de P dos solos (Novais & Smyth, 1999).

Embora vários estudos já tenham sido realizados para uma maior compreensão da dinâmica do P em solos minerais, poucos são aqueles

desenvolvidos para solos de composição orgânica, a exemplo dos Organossolos (Pereira et al., 2020 a e b). Estes solos são caracterizados pelo seu elevado teor de matéria orgânica (≥8 %) (Santos et al., 2018), aspecto que influencia no seu baixo valor de pH, podendo dificultar a absorção de nutrientes pelas plantas (Lepsch, 2011).

Devido a carência de informações da dinâmica de P em Organossolos esse trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes métodos de determinação desse nutriente em Organossolos, sob diferentes formas de cultivo em uma propriedade agrícola no Rio de Janeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade agrícola de aproximadamente 50 hectares, localizada no bairro de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro, RJ. O clima da região foi classificado como Aw, segundo Köppen. Os solos na área avaliada foram identificados como Organossolos Tiomórficos (Santos et al., 2018) originados a partir de sedimentos orgânicos. A vegetação primária era classificada como hidrófila, hoje, devido a constantes ações do homem quase não se encontra mais da mesma na área. Há aproximadamente 80 anos esses solos são cultivados de forma convencional (preparo da área com aração e gradagem) para a produção de hortaliças. Atualmente o cultivo de coco (*Cocos nucifera*) e mandioca (*Manihot esculenta*) são predominantes na região.

Nos últimos 20 anos a área foi subdividida em três, sendo utilizadas com diferentes coberturas vegetais e sistemas de cultivo do solo. Foram selecionadas as seguintes áreas: a) área com plantio de mandioca e constante revolvimento do solo; b) área com cultivo de coqueiro perene há 15 anos, em consórcio com mandioca nas entrelinhas há 2 anos e c) área de mata secundária sem revolvimento há 20 anos. Em cada área foram abertas trincheiras, descritos e coletados três perfis de solo segundo Santos et al. (2015).

Para a avaliação dos teores de P foram coletadas amostras dos horizontes superficiais de constituição orgânica (H). As amostras foram condicionadas e transportadas para laboratório, sendo secas, destorroadas e passadas por peneira de 2,00 mm. Neste material foram determinados os teores de P disponível utilizando-se três diferentes soluções extratoras, a saber:a) Solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L-1 + H2SO4 0,0125 mol L-1): 10,0 g de solo e 50 mL (Teixeira et al., 2017); b) Solução de $NaHCO_3$ (0,5 mol $L^{-1}$) a pH 8,5; c) Solução de ácido acético (HOAc) (0,5 mol $L^{-1}$) e d) P remanescente (P-rem) P (Alvarez e Fonseca, 1990).

### Análise estatística

O conjunto de dados foi apresentado por meio de Boxplot (McGill et al., 1978). Em seguida as médias foram comparadas entre si pelo teste t (*p<0,05; **p<0,01 e ***p<0,001). Foi realizada a análise de correlação de Pearson e a significância da relação verificada pelo teste t (*p<0,05; **p<0,01 e ***p<0,001). As análises dos dados foram realizadas no software R (R Core Team, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P disponível da área de estudo determinados pelos diferentes métodos são apresentados na **Tabela 1**. Os dados descritivos dos teores de P disponível obtido pelos métodos Melich-1, Olsen, Ácido acético e P-rem, nas áreas de cultivo de coqueiro, mandioca e mata são apresentados na **Figura 2**. Para os métodos utilizados observou-se o seguinte padrão para os teores de P: Mehich-1 > Olsen> P-rem > Ácido acético. Exceto para a área de cultivo de coco, na

qual foram verificados maiores valores de P-rem em comparação ao método de Olsen. Já entre as áreas avaliadas foram verificadas diferentes respostas em função do extrator utilizado (Figura 1). Para o método Mehich-1 não foram observadas diferenças entre os teores de P quantificados nas áreas de mandioca e mata. Porém, os teores de P disponível foram muito superiores nessas áreas comparação à área de coco.

Em relação a área com cultivo de coco destacase que nesta foram verificados os menores teores de P disponível para todos os métodos utilizados, com exceção da área de mandioca par ao P remanescente.

Por outro lado, quando se compara os métodos Olsen e ácido acético, observam-se diferenças nas três áreas avaliadas. No método Olsen, o padrão encontrado para o P disponível foi mandioca > mata > coqueiro, e no método do ácido acético, mata > mandioca > coqueiro.

Quanto aos valores de P remanescente, estes foram similares nas áreas de coqueiro e mandioca, e entre mandioca e mata, diferindo somente, entre as áreas de coqueiro e mata.

Os valores de P disponível obtidos pelo método Melich-1 foram homogêneos em função das diferentes formas de uso ou de cobertura vegetal, em comparação aos demais métodos Por outro lado, os teores de P disponível determinados pelo método de Olsen foram variáveis nas diferentes áreas, sendo verificada assimetria (com a mediana concentrada num dos quartis) e dados discrepantes. Os "outliers" evidenciaram maior variabilidade dos dados nessa avaliação (Figura 1B). Quanto ao P, determinado com a solução de ácido acético, foram verificados valores homogêneos nas diferentes formas de uso. A análise de correlação dos teores de P disponível obtidos pelos diferentes métodos e as respectivas significâncias são apresentadas na Figura 2. Os teores de P disponível determinados pelos métodos Melich-1 apresentaram correlação significativa e positiva com o método de Olsen (r=0,89) e Ácido acético (0,63). Quanto à determinação utilizando os métodos de Olsen e ácido acético foi observada correlação positiva (r = 0,57) e significativa (p < 0,01), para os teores de P disponível.

Os valores de P remanescente apresentaram associação positiva com o P disponível determinado pelos métodos Melich-1, Olsen e Ácido acético (r=0,65; 0,48; 0,69, respectivamente) e significativa (p<0,01; p<0,05; p<0,001, respectivamente) (Figura 2).

Avaliando a eficiência de diferentes extratores de P em Organossolos, Bertoni et al. (2003) e Simonete et al. (2015) observaram um padrão distinto do verificado nesse estudo. Utilizando os extratores Mehlich-1 e resina para quantificar os teores de P disponíveis em um Organossolo cultivado com arroz, Bertoni et al. (2003) constataram que os dois métodos testados foram eficientes na extração de P disponível para a cultura. Porém, Simonete et al. (2015) avaliaram a eficiência dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Resina, Olsen e EDTA para quantificar os teores de P disponíveis também em amostras de Organossolos cultivadas com arroz, e não verificaram resultados satisfatórios para todos os extratores. Os autores constataram que as soluções Mehlich-1, Olsen e EDTA foram mais eficientes em predizer os teores disponíveis de P para as plantas de arroz em comparação ao Mehlich-3 e a resina.

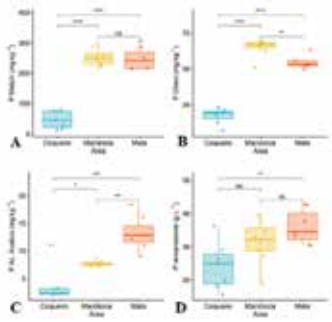


Figura 1. Boxplot da variável fósforo disponível (P disponível) obtido pelo método Melich-1 (A), Olsen (B) e

Ácido acético (C), e P remanescente (D), nas áreas de Coqueiro, Mandioca e Mata. ns=não significativo pelo teste t. *, ** e *** são significativos pelo test t a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente.

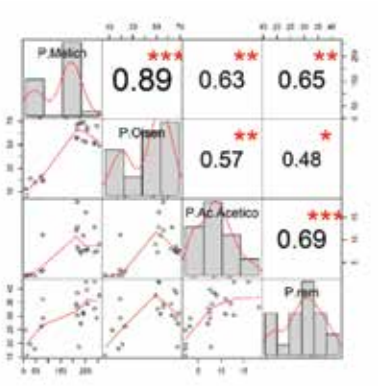



Figura 2. Matriz de correlação de Pearson entre os teores de P disponível obtidos pelos métodos Melich-1 (P.Melich), Olsen (P.Olsen), Ácido acético (P.Ac.Acético) e P remanescente (P rem) sob os cultivos de Coqueiro, Mandioca e Mata. Test t (*p <0,05; **p<0,01 e ***p<0,001).

## CONCLUSÕES

Quanto aos extratores utilizados foi observado o seguinte padrão: Mehich-1 > Olsen> P remanescente > Ácido acético.

Os menores valores de P foram encontrados nas áreas sob ação antrópica que podem estar associados à extração das culturas.

## REFERÊNCIAS

Bertoni JC, Bastos ARR, Carvalho JG, Miranda JRP. Níveis críticos de fósforo para o arroz num solo de várzea inundado em condições de casa-de-vegetação. Rev. Univ. Rural, Sér Ciênc Vida; 2003. p.45-53.

Lepsch IF. 19 Lições de pedologia. Oficina de textos; 2011. p.390-450.

Nelson WL. et al. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: Pierre, WH, Norman AG. eds. Soil and fertilizer phosphorus. New York, Academic Press; 1953. p.153-188.

Novais RF, Smyth TJ. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1999. p.300-399.

Rheinheimer DS, et al. Fósforo orgânico do solo. In: Santos GA, Camargo FAO. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre: Gênesis; 1999. p.139-157.

Sanyal SK, Datta SK. Chemistry of phosphorus transformations in soil. Advances in Soil Science, New York; 1991. p.1-120.

Pereira MG, Loss A, Schultz N, Zonta E, Guareschi RF, Santos OAQ. Fertilidade de um Organossolo e produtividade do feijoeiro influenciados pela calagem e inoculação. Revista Agrarian; 2020. p.211-221.

Pereira MG, Valladares GS, Schultz N, Guareschi RF, Loss A, Santos OAQ. Métodos de extração de fósforo em solos com horizontes hísticos. agricultura em foco: Tópicos Em Manejo, Fertilidade do Solo e Impactos Ambientais; 2020. p.102-107.

Simonete MA, Ernani PR, Moro L, Teixeira-Gandra CFA, Gatiboni LC. Eficiência de métodos analíticos na predição da disponibilidade de fósforo para arroz irrigado em solos catarinenses. R Bras Ci Solo (Online); 2015. p.1151-1160.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JÁ, Cunha TJF, Oliveira JB. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2018. p.1-590.

Santos RD, Lemos RC, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC, Shimizu SH. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 7ª ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2015. p.1-101.

Tabela 1. Teores de P disponível determinados por Mehich-1, Olsen, Ácido acético e P remanescente, nas áreas de estudo, Santa Cruz, RJ, Brasil.

| Área | Perfil | Horizonte | Extrator (mg $kg^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Melich-1 | Olsen | Ác. Acético | P-rem |
| Mandioca | 1 | Hdp1 | 295 | 66 | 8 | 29 |
| Mandioca | 1 | Hdp2 | 241 | 69 | 8 | 31 |
| Mandioca | 2 | Hdp1 | 257 | 62 | 8 | 35 |
| Mandioca | 2 | Hdp2 | 286 | 51 | 7 | 33 |
| Mandioca | 2 | Hd | 232 | 68 | 7 | 27 |
| Mandioca | 3 | Hdp1 | 217 | 67 | 9 | 38 |
| Mandioca | 3 | Hdp2 | 254 | 66 | 8 | 40 |
| Mandioca | 3 | Hd | 224 | 68 | 8 | 19 |
| Mata | 4 | Hdp1 | 286 | 52 | 13 | 43 |
| Mata | 4 | Hdp2 | 214 | 56 | 12 | 34 |
| Mata | 5 | Hdp1 | 251 | 52 | 16 | 43 |
| Mata | 5 | Hdp2 | 216 | 56 | 18 | 33 |
| Mata | 5 | Hd | 241 | 53 | 11 | 31 |
| Mata | 6 | Hdp1 | 306 | 50 | 9 | 38 |
| Mata | 6 | Hdp2 | 217 | 63 | 13 | 30 |
| Coco | 7 | Hdp1 | 77 | 19 | 11 | 36 |
| Coco | 7 | Hdp2 | 30 | 21 | 2 | 20 |
| Coco | 8 | Hdp1 | 74 | 23 | 3 | 26 |
| Coco | 8 | Hdp2 | 46 | 18 | 2 | 18 |
| Coco | 9 | Hdp1 | 79 | 19 | 3 | 29 |
| Coco | 9 | Hdp2 | 9 | 13 | 2 | 25 |
| Coco | 9 | Hd | 14 | 7 | 2 | 16 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Espectroscopia no UV-Vis de Ácidos Fúlvicos de Horizontes Superficiais e Subsuperficiais de Diferentes Solos.

Raphaella Esterque Cantarino[1]; Tadeu A. Van Tol de Castro[2]; Eduardo C. Silva Neto[3]; Marcos Gervasio Pereira[4]; Orlando Carlos Huertas Tavares [5] ; Andrés Calderín Garcia[6]

[1]Estudante de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR-465, km 7, Seropédica-RJ, CEP: 23890-000, E-mail:raphaella_esterque@outlook.com; [2] Doutorando do PPGA-CS, UFRRJ; [3]Doutorando do programa de pós-graduação em agronomia-ciência do solo, UFRRJ ; [4]Professor do Departamento de Solos, UFRRJ; [5] Pós-Doutorado Nota 10/ FAPERJ do PPGA-CS, URFFJ; [6] Professor do Departamento de Solos, UFRRJ.

## INTRODUÇÃO

A matéria orgânica auxilia na sustentabilidade dos agroecossistemas, uma vez que a maior disponibilidade de compostos orgânicos no solo pode aumentar a capacidade de troca catiônica, atividade microbiana, diminuir os efeitos negativos do alumínio tóxico e reduzir a adsorção de grupamentos fosfatos aos coloídes dos solos. Notadamente, a matéria orgânica desempenha papel fundamental nos solos, especialmente no ciclo do carbono e na gênese das substâncias húmicas (CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001; SÁ et al., 2001).

As substâncias húmicas são compostas de ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina, principais componentes umificados da matéria orgânica do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007). Os ácidos fúlvicos são solúveis em água, soluções ácidas e alcalinas. Apesar de possuírem similaridade estrutural aos ácidos húmicos, apresentam menor peso molecular, maior quantidade de compostos fenólicos e de grupos carboxílicos e uma menor quantidade de estruturas aromáticas (CARON et al,. 2015).

A espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV-VIS) permitem identificar diferentes ligações não saturadas entre grupo de átomos, as quais absorvem energia em frequência de comprimento de onda entre 200 a 400 nm e de 400 a 800 nm, correspondente ao ultravioleta e ao visível (CERETTA et al., 2008). A aplicação dessa técnica no estudo de substâncias húmicas permite observar a natureza, a reatividade e o arranjo estrutural de grupos funcionais, com isto, são bastante úteis na sua caracterização (STEVENSON, 1982). A espectroscopia na região de UV-VIS é usada, principalmente, para determinar a relação $E_4/E_6$ (razão entre a absorbância em 465 nm e 665 nm). Os valores do índice $E_4/E_6$ apresentam relação inversa com o progresso das reações de transformação das substâncias húmicas e condensação dos carbonos aromáticos. Uma vez que, a absorbância dos ácidos fúlvicos, em sua maioria é inversamente proporcional ao comprimento de onda, podendo ainda, ser calculado o parâmetro ΔlogK, definido como a diferença entre os logaritmos das absorbâncias a 400 nm ($\log E_{400}$ ou $\log K_{400}$) e a 600 nm ($\log E_{600}$ ou $\log K_{600}$) (KUMADA 1987). Utiliza-se também,

outro parâmetro RF, definido como o valor de absorbância a 600 nm normalizado pela massa de carbono orgânico presente na solução.

Os estudos sobre a caracterização espectroscópica na região do ultravioleta visível de substâncias húmicas do solo, tem-se intensificado nas últimas décadas. Entretanto, poucos são os trabalhos que associam essa técnica a estudos pedológicos envolvendo diferentes classes de solo.

O objetivo do estudo foi caracterizar os ácidos fúlvicos (AF) de horizontes superficiais e subsuperficiais de diferentes classes de solos por meio da espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV-vis) e avaliar a variação dos índices de condensação aromática.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas do horizonte superficial e subsuperficial em diferentes classes de solo, sendo eles: Cambissolo, Latossolo, Organossolo-1 e Organossolo-2. Os AF foram obtidos segundo a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS, 2018) e de acordo com o protocolo descrito por Swift (1996). Uma modificação inicial adaptada foi realizada, que consistiu em um pré-tratamento das amostras de terra com uma solução de HCl (0,1 mol $L^{-1}$), pH 1.0-2.0 (NOVOTNY, 2004). Resumidamente, para a obtenção das frações húmicas a partir das amostras, após pré-tratamento com HCl, uma dissolução de NaOH 0,1 mol $L^{-1}$ foi adicionada a uma massa de terra em proporções de 10:1 (v:m) sob atmosfera de $N_2$ e em agitação por 24 h. Em seguida o material foi centrifugado a 10.000 g durante 30 minutos e recolhido o sobrenadante que contém as substâncias húmicas (SH) (AF+AH), assim como a fração sólida que contém às huminas. Para a separação por precipitação dos AF, a um volume de SH obtidas na etapa anterior, foi ajustado o pH até 2,0 mediante adição de uma dissolução de HCl (6 mol. $L^{-1}$) e mantido em repouso durante 16 horas, após este período o sobrenadante (AF) foi sifonado e coletado, o material residual foi centrifugado a 5.000 g por 10 min e o sobrenadante (AF) foi coletado.

A fração húmica líquida que permanece após a sifonação e centrifugação dos ácidos húmicos precipitados foi passada por uma coluna carregada com a resina SupeliteTM DAX-8, Cod. 21567-U (substituto comercial da Sigma para XAD-8). A seguir, os ácidos fúlvicos retidos na coluna foram eluídos com solução de NaOH (0,1 M), e posteriormente a coluna foi lavada com água destilada para recuperação total dos ácidos fúlvicos. Os ácidos fúlvicos foram então passados por uma coluna de troca iônica (forma de hidrogênio Amberlite IR120, Fluka analítico Cod. 06428), e a solução foi corrigida para pH 6.0. Após esse processo, os AF foram congelados em frezzer a -80 ºC e posteriormente liofilizados.

Para a análise espectroscópica foram pesadas 0,05 g de ácidos húmicos purificados. Sendo as amostras dissolvidas em 50,0 mL de uma solução de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) 0,05 mol $L^{-1}$, com pH = 8,39. Após dissolução, as amostras foram centrifugadas por cinco minutos (3500 rmp) e filtradas. Foram separadas exatos 0,1 mL de cada amostra e diluídas em 10,00 mL do mesmo reagente ($NaHCO_3$). As medidas de absorbância na região do ultravioleta visível da solução foram obtidas a partir de um espectrofotômetro Shimadzu UV-1800, utilizando-se cubetas de quartzo (material especial em que não absorve luz na região do ultravioleta). As leituras foram feitas com comprimentos de onda entre 200 a 700 nm em intervalos de 3 nm, com intuído de melhor definição das absorvâncias (MESSIAS et al., 2004).

Calculou-se a razão $E_4/E_6$ de acordo com valores de absorbâncias nos comprimentos de onda 465 e 665 nm. O parâmetro ΔHlog K foi obtido a partir da equação: Δlog K = $logE_{400}$ –

$\log E_{600}$, onde os valores $E_{400}$ e $E_{600}$ equivalem aos valores de absorbância 400 e 600 nm, respectivamente. Foi calculado também, o parâmetro RF, a partir da equação: $RF = (E_6/c) \times 15$, onde c equivale a massa (em mg) do carbono orgânico por volume (em mL) de solução de ácido húmico (MESSIAS et al., 2004, KUMADA 1987).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros dos ácidos fúlvicos dos diferentes solos obtidos na faixa do ultravioleta visível apresentam assinaturas muito similares (Figura 1), sendo observado mudança no padrão do espectro ou um "ombro" característico no espectro entre 260-300 nm, como relatado na literatura (CERETTA et al., 2008).

Para todos os tipos de solo verificou-se um espectro muito similar entre os diferentes horizontes, sendo o Latossolo o que teve um leve aumento nas absorbâncias nos espectros entre 260-300 nm em seu horizonte superficial (Figura 1).

Em termos comparativos, um menor valor de E4/E6 indica relativamente um alto grau de condensação de constituintes aromáticos e, quanto maior, reflete um menor grau de condensação aromática (STEVENSON, 1994).

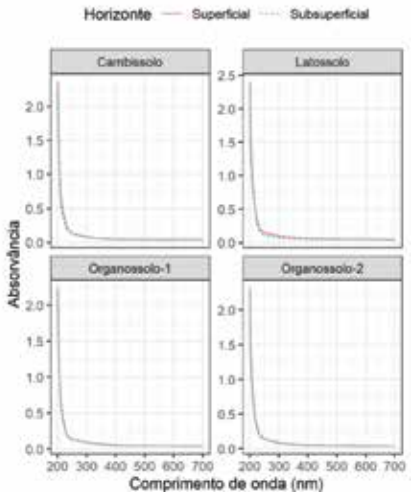



**Figura 1.** Espectros UV-vis de Ácidos Fúlvicos dos horizontes superficiais e subsuperficiais de diferentes classes de solos.

Ao se observar os valores E4/E6 de todos os solos é possível verificar que entre os tipos de solos não se obteve um padrão em relação aos tipos de horizontes. Para o Organossolo-1 no horizonte subsuperficial, verificam-se maiores valores da razão E4/E6 e Δlog K. Já para o Organossolo-2 e o Latossolo estes valores se encontram maior em seus horizontes superficiais (Tabela 1), indicando maior presença de moléculas com ligações insaturadas e sistemas π (KUMADA, 1987; CERETTA et al., 2008).

**Tabela 1.** Valores de E4/E6, ΔlogK, RF dos Ácidos Fúlvicos dos horizontes superficiais e subsuperficiais de diferentes classes de solos.

| Solos | Horiz | $E_4/E_6$ | ΔlogK | RF |
|---|---|---|---|---|
| Organossolo-1 | Hp | 1,132 | 0,099 | 0,117 |
| Organossolo-1 | H2 | 1,171 | 0,117 | 0,126 |
| Cambissolo | A1 | 1,054 | 0,075 | 0,111 |
| Cambissolo | AB2 | 1,105 | 0,092 | 0,114 |
| Organos-2 | H1 | 1,179 | 0,086 | 0,123 |
| Organos-2 | H6 | 1,079 | 0,116 | 0,108 |
| Latossolo | A1 | 1,152 | 0,113 | 0,141 |
| Latossolo | A5 | 1,049 | 0,068 | 0,123 |

Como os parâmetros E4/E6 e Δlog K diminuem com o grau de humificação, e o RF aumenta, os resultados desses parâmetros são um indicativo de que a condensação aromática não varia quando comparado a diferentes profundidades. Portanto formas mais estáveis ou mais humificadas da matéria orgânica, identificadas pela relação E4/E6 ocorrem nos horizontes superficiais e/ou subsuperficiais diferindo entre esses solos.

## CONCLUSÕES

Os ácidos fúlvicos dos solos estudados possuem assinaturas espectrais similares na região do ultravioleta visível, variando no horizonte de acúmulo de matéria orgânica no Latossolo.

Para o Organossolo-2 e o Latossolo foi verificado um menor grau de condensação aromática dos ácidos fúlvicos nos horizontes superficiais.

Para o Organossolo-1 e o Cambissolo foi verificado um menor grau de condensação aromática dos ácidos fúlvicos nos horizontes subsuperficiais.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores do presente trabalho agradecem à Fundação Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (SisFaperj:2015002965 e E-26/202.353/2017, SisFaperj: 20128010), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil (306867/2018-4-PQ2), e ao Programa de Pósgraduação em Ciências do Solo (PPGA-CS).

## REFERÊNCIAS

Caron, V. C. Graças, J. P. & Castro. P.R.C. Condicionadores do solo: Ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p. : il. (Série Produtor Rural, nº 58) Bibliografia. ISSN 1414-4530

Carter, M.R. Organic matter and sustainability. In: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (Coord.). Sustainable management of soil organic matter. New York: CABI Publishing, 2001. p.9-22.

Ceretta, C. A., Bayer, C., Dick, D. P., Martin-Neto, L., & Colnago, L. A. Métodos espectroscópicos. In: Santos, G.A.; Silva, L.P.; Canellas, L.P. & Camargo (Coord.). Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 293-336. 2008.

Christensen, B.T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. Tjele: Dias. 2000. 95p. (DIAS Report. Plant Production, 30). .

IHSS, 2018. International Humic Substances Society, Isolation of Soil Fulvic and Humic Acids. [Acessado em: 17 fev. 2018]. Disponível em: http://www.humicsubstances.org.

Kumada, K. Chemistry of soil organic matter. Developments in Soil Science, v.17. Tokyo: Elsevier. 1989.

Messias, Rossine Amorim; Resende, Maria Olímpia de Oliveira. Avaliação estrutural de ácidos húmicos de vermicomposto e turfa por diferentes técnicas de caracterização. 2004.Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Novotny, E. H. Estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo. 2004. 215 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

Sá, J.C.M.; Cerri, C.C.; Dick, W.A.; Lal, R.; Venzke Filho, S.P.; Piccolo, M.C.; Feigl, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil Science Society American Journal, v.65, p.1486-1499, 2001.

Silva, I. R.; Mendonça, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275- 374.

Steverson, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, 1994.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estimativa do teor de carbono em solo e sedimento por espectroscopia de refletância difusa combinando métodos de pré-processamento com calibração multivariada

Gabriela Naibo[1]; Rafael Ramon[2]; Gustavo Pesini [3]; Jean M. Moura-Bueno[4]; Claudia A. P. Barros[5]; Laurent Caner [6]; Jean P. G. Minella[7]; Danilo S. Rheinheimer[7]; Tales Tiecher[5]

[1] Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Agronomia, Porto Alegre/RS, CEP: 91540-000, naibogabriela@gmail.com [2] Doutorando em Ciência do Solo, UFRGS; [3] Graduando em Agronomia, UFRGS; [4] Pós-doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM; [5] Professor (a) do Departamento de Solo, UFRGS; [6] Université de Poitiers, França; [7] Professor do Departamento de Solo, UFSM.

## INTRODUÇÃO

A espectroscopia de refletância difusa é uma técnica rápida, de baixo custo e não destrutiva, que tem demostrado potencial para estimar o teor de carbono orgânico (CO) em solo (MOURA-BUENO, 2019) e sedimento (MOROS et al., 2010) de maneira eficiente. No entanto, a acurácia das predições é dependente da escolha das faixas espectrais, dos pré-processamentos e dos métodos de calibração multivariados.

O princípio básico de funcionamento desta técnica consiste na emissão de um feixe de radiação sobre uma amostra, a qual interage com as moléculas, deixando-as em um estado excitado (LAZZARETTI, 2019), em que parte da energia é absorvida e parte é refletida. A energia refletida é quantificada por sensores, transformando-os num espectro (SANTOS et al., 2010), o qual descreve o comportamento espectral da amostra de solo ou sedimento.

Os comprimentos de onda entre 1100–2500 nm, que correspondem a faixa do infravermelho próximo (NIR), têm sido identificada como a região espectral importante para a análise do teorde CO (BELLON-MAUREL et al., 2011; STENBERG et al., 2010). Para a faixa espectral do infravermelho médio (MIR), os comprimentos de onda de 2500 a 25000 nm têm mostrado potencial para identificação de elementos químicos, quartzo, calcita, caulinita e esmectita, além do próprio CO (VISCARRA ROSSEL et al., 2006; RIEDEL et al. 2018).

A combinação de faixas espectrais atreladas a conjuntos de dados de solos e sedimentos pode ter uma melhor predição do teor de CO. Isso é possível, uma vez que o carbono responde através de vibrações em ambas as faixas (NIR e MIR) do espectro eletromagnético. Espera-se que as previsões dos atributos dos solos e de sedimentos possam ser melhoradas quando se combinam as faixas (NIR+MIR), devido a maior exploração das informações que cada faixa do espectro detecta (SORIANO DISLA et al. 2014),

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi estimar o teor de CO em solo e sedimento amostrados em uma bacia hidrográfica, combinando diferentes faixas espectrais, técnicas de pré-pro-

cessamento e métodos de calibração multivariada.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Bacia hidrográfica estudada

A bacia hidrográfica do Rio Guaporé (2030 km²) localiza-se no nordeste do Rio Grande do Sul (**Figura 1**). O clima na região é classificado como Cfa – subtropical úmido segundo Köppen, com precipitação média anual de 1400 a 2000 mm (DALBIANCO et al., 2017). Os solos predominantes são Chernossolos, Latossolos, Argissolos e Neossolos. A bacia hidrográfica possui altitudes variando de 207 m a mais de 830 m.

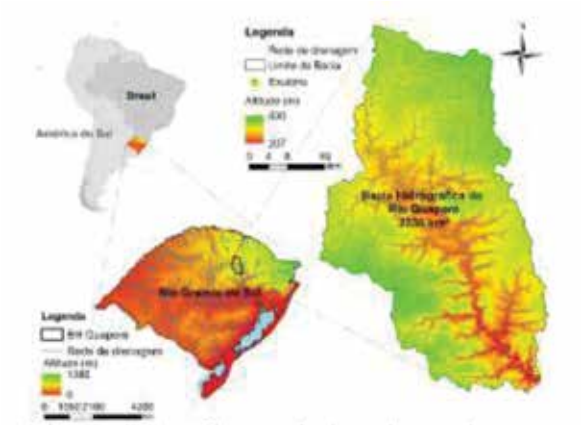



**Figura 1.** Localização da área do estudo.

A combinação das feições da paisagem, com a degradação do bioma natural e com o uso e o manejo inadequados do solo torna a bacia hidrográfica extremamente frágil socioambientalmente. Ademais, a fragmentação das unidades de produção e o desrespeito às leis ambientais e técnicas agronômicas aceleram a transferência de sedimentos e agroquímicos para os cursos d'água.

### Coleta e análises químicas de solo e sedimento

Entre 2011 e 2014 foram coletadas 316 e 196 amostras de solo e de sedimento, respectivamente. Amostraram-se as áreas de lavoura e de pastagens, as estradas não-pavimentadas e as margens dos cursos d´água. Os sedimentos foram coletados em três situações: (a) em suspensão de modo contínuo, (b) em suspensão coletados durante os eventos pluviométricos e (c) nos cursos d'água.

O solo e o sedimento foram secos em estufa a 50°C e levemente desagregadas usando gral de ágata. O solo foi peneirado em malha de 63 μm.

O teor de CO foi determinado pela oxidação úmida com $K_2Cr_2O_7$ e $H_2SO_4$ (WALKLEY; BLACK, 1934).

### Análises espectroscópicas

Os espectros de infravermelho próximo (NIR) foram registrados da faixa de 10000–4000 $cm^{-1}$ utilizando um espectrômetro FTIR Nicolet 26700 (Waltham, Massachusetts, EUA) no modo de refletância difusa com uma esfera de integração e um detector InGaAs interoa com uma resolução de 2 $cm^{-1}$ e 100 leituras por espectro.

Os espectros de infravermelho médio (MIR) foram obtidos na faixa de 400–4000 $cm^{-1}$ utilizando um espectrômetro Nicolet 510-FTIR (*Thermo Electron Scientific*, Madison, WI, EUA) no modo de reflexão com uma resolução de 2 $cm^{-1}$ e 100 leituras por espectro. Os espectrômetros de infravermelho eram constantemente varridos com uma corrente de ar para eliminar o $CO_2$.

Após a aquisição dos espectros, esses foram submetidos a três técnicas de pré-processamento espectral: [Detrend (DET), *Savistky-Golay derivative* (SGD) e *Standard Normal Variate* (SNV)] para salientar feições de interesse e melhorar as predições do CO.

### Calibração multivariada

Para desenvolver os modelos de predição, foram utilizados dois métodos de calibração multivariada: [*Partial Least Squares Regression* (PLSR) e *Support Vector Machine* (SVM)]. Os modelos foram calibrados por validação cruza-

da usando uma divisão aleatória em segmentos (Brus et al., 2011).

O desempenho dos modelos em predizer o teor de CO, os valores de CO preditos por cada modelo foram comparados aos valores de referência e as estatísticas de quantificação da acurácia foram calculadas: coeficiente de determinação ($R^2$), relação entre o desempenho e a distância interquartil (RPIQ) e erro médio quadrático de predição (RMSE). Verum et al. (2015) relatam que $R^2$ >0,75 pode ser considerado como satisfatório; $R^2$ >0,50 e <0,75 moderadamente satisfatório; $R^2$ <0,50 insatisfatório. Valores de RPIQ, > 3 são considerados satisfatórios; >1,50 e <1,90 moderadamente satisfatório; e < 1,50 insatisfatório. Todas as análises foram realizadas por meio do *software* R (R CORE TEAM, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sabe-se que os teores de CO variam de acordo com cada tipo de solo e região. Neste sentido é imprescindível ter em mente que há variações nas predições dos modelos dependendo da área estudada. Todos os modelos testados (préprocessamento e métodos de calibração) apresentaram $R^2$ de 0,99, exceto o SVM –SGD, cujo $R^2$ foi de 0,85 (Tabela 1). Moros et al., (2010) usando pré-processamento da 1ª derivada + normalização para quantificar CO em sedimentos obtiveram $R^2$ = 0,88. Esse menor desempenho do modelo deve estar relacionado ao tipo de solo da Espanha, menos desenvolvidos e com maior variação nos teores de CO, comparativamente aos solos usados no presente estudo.

O conjunto de dados combinando amostras de solo + sedimento na faixa espectral NIR + MIR com o modelo SVM foi o que teve o pior desempenho para a predição do teor de CO ($R^2$ = 0,85 – Tabela 1). Porém, por se tratar de uma abordagem onde as duas faixas espectrais são combinadas com amostras de solo e de sedimento, os valores encontrados possibilitam utilizar a espectroscopia para analisar CO em solos e sedimentos. Contudo, é necessário analisar e considerar o erro embutido neste parâmetro de acurácia.

Os menores valores de RMSE (0,79 g $kg^{-1}$ solo) foi obtido para os modelos calibrados com a faixa espectral NIR, método SVM, pré-processamento SGD e a faixa espectral combinando NIR+MIR, método SVM, pré-processamento SGD (Tabela 1). Valores semelhantes foram encontrados por Shi et al. (2020), ao analisar amostras de solo da Bélgica, com RMSE = 0,22 g//kg na faixa espectral do NIR.

Usando-se todos os valores de CO das amostras de solo e de sedimentos, a estimativa realizada usando a faixa espectral NIR+MIR, método SVM e pré-processamento SGD resultou num enorme valor de RMSE (4,63 g $kg^{-1}$). Isso demonstra a inabilidade da técnica em estimar os verdadeiros teores de CO, como há havia sido alertado por Cheng et al. (2019).

Os valores encontrados para o RPIQ para as amostras de solo, sedimento e solo + sedimento analisadas variaram de 5,06 a 20,45, respetivamente (?) sendo o melhor resultado para a faixa espectral IVP+IVM com o método SVM combinado com espectros processados com SGD (Tabela 1). Os valores de 5,06 assemelham-se aos valores encontrados por Dotto et al. (2019) (RPIQ = 3,12), que estudaram solos da bacia hidrográfica do Marombas no Estado de Santa Catarina, os quais possuem características semelhantes aos deste estudo.

No conjunto de dados utilizando amostras de solo + sedimento e combinando a faixa espectral MIR, método SVM e pré-processamento SGD, o modelo alcançou RPIQ de 20,45 (Tabela 1). Assim, os valores encontrados neste estudo são considerados satisfatórios para a predição de CO em solo e sedimento.

## CONCLUSÕES

A espectroscopia de refletância difusa foi capaz de predizer com acurácia satisfatória os teores de CO em solos e sedimentos amostrados numa bacia hidrográfica da região sul do Brasil.

Os melhores resultados foram observados combinando amostras de solo e sedimentos, com faixas espectrais combinadas (NIR+MIR), utilizando o método multivariado SVM e pré-processamento SGD.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES, ao FINEP/FEPAGRO, a UFRGS, a UFSM, a União Europeia (ERDF) e "Région Nouvelle Aquitaine" (France).

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M., SPAROVEK, G. 2013.

Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 22(6), 711-728.

BELLON-MAUREL, V., MCBRATNEY, A. Nearinfrared (NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopic techniques for assessing the amount of carbon stock in soils – Critical review and research perspectives. Soil Biol. Biochem. 43, 1398–1410, 2011.

CHENG, H.; SHEN, R. CHEN, Y.; WAN, Q. SHI, T.; WANG, J.; WAN, Y.; HONG, Y.; LI, X. Estimating heavy metal concentrations in suburban soils with reflectance spectroscopy. Geoderma, v. 336, p. 59-67, 2019.

DALBIANCO, L.; RAMON, R.; BARROS, C. A. P.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. & DIDONÉ, E. J.Sampling strategies to estimate suspended sediment concentration for turbidimeter calibration. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 21, n. 12, p. 884-889, 2017.

DOTTO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; TEM CATEN, A.; GRIS, D. J.; RUIZ, L. F. C. AlradSpectra: a Quantification Toll for Soil Properties Using Spectroscopic Data in R. Rev. Bras. Cienc. Solo, v. 43, 2019.

HOROWITZ, A. A primer on sediment-trace element chemistry, 2 edition, p. 142, 1991.

LAZZARETTI, B. P. 2019. Predição dos teores de argila e matéria orgânica do solo por espectroscopia no infravermelho próximo - NIRS. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Mestrado em Ciência do Solo (Dissertação), p.50.

MICHELAKI, K.; HANCOCK, R. G. V. Reassessment of elemental concentration data of sediments from the western delta of the Nile River. Open Journal of Archaeometry, v. 1, n. 1, p. 2, 27, 2013.

MINELLA, J. P. G.; WALLING, D. E.; MERTEN, G. H. Combining sediment source tracing techniques with traditional monitoring to assess the impact of improved land management on catchment sediment yields. J Hydrol. v. 348, p, 546–563, 2008.

MOROS, J. CASSELLA, R. J.; BARCIELA-ALONSO, M. C.; MOREDA-PIÑEIRO, A.; HERBELLOHERMELO, P.; BERMEJO-BARRERA, P.; GARRIGUES, S.; DE LA GUARDIA, M. Estuarine sediment quality assessment by Fourier-transform infrared spectroscopy. Vibrational Spectroscopy, v. 53, p. 204-213, 2010.

MOURA-BUENO, J. M.; DALMOLIN, R. S. D., TEM CATEN, A. DOTTO, A. C., DEMATTÊ, J. A. M. Stratification of a local VIS-NIR-SWIR spectral library by homogeneity criteria yields more accurate soil organic carbon predictions. Geoderma, v. 337, p. 565581, 2019.

R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing [WWW Document]. R Found. Stat. Comput. Vienna, Austria. URL https://www.rproject. org/ (accessed 03.03.20).

RIEDEL, F.; DENK, M.; MÜLLER, I.; BARTH, N.; GLÄBER, C. Prediction of soil parameter using

the spectral range between 350 and 15,000 nm: A case study based on the Permanent Soil Monitoring Program in Saxony, Germany. Geodema, v. 315, p. 188-198, 2018.

SANTOS, G. A.; PEREIRA, A. B.; KORNDÖRFER, G. H. Uso do sistema de análise por infravermelho próximo (NIR) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares de silício e nitrogênio em cana- de-açúcar. Bioscience Journal, Vol. 26, Nº 1, p. 100108, 2010.

SHI, P.; CASTALDI, F.; WESEMAEL, B. V.; OOST, K. V. Vis-NIR spectroscopy assessment of soil aggregate stability and a aggregate size distribution in the Belgian Loam Belt. Geoderma, v. 357, 113958, 2020.

SORIANO-DISLA, J. M., JANIK, L. J., VISCARRA ROSSEL, R. A., MACDONALD, L. M., MCLAUGHLIN, M. J. The performance of visible, near-, and mid-infrared reflectance spectroscopy for prediction of soil physical, chemical, and biological properties. Appl. Spectrosc. Rev. 49, 139–186, 2014.

STENBERG, B.; VISCARRA ROSSEL, R A.; MOUAZEN, A. M.; WETTERLIND, J. Visible and Near Infrared Spectroscopy in Soil Science. In Donald L. Sparks, editor: Advances in Agronomy, Vol. 107, Burlington: Academic Press, p. 163-215, 2010.

VERUM, K.; SUDDUTH, K. A.; KREMER, R. J.; KITCHEN, N. R. Estimating a soil quality index with VNIR reflectance spectroscopy. Soil Sci. Soc. Am. J. 79, v. 2, p. 637-649, 2015.

VISCARA ROSSEL, R. A.; WALVOORT, D. J. J; MCBRATNEY, A. B.; JANIK, L. J.; SKJEMSTAD, J. O. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geodema, v . 131, p. 59-75, 2006.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37, p. 29-38, 1934.

**Tabela 1.** Desempenho das predições do teor de CO em solo e sedimentos obtidas para modelos combinado cada faixa espectral, método multivariado, pré-processamento espectral e conjunto de dados (solo e sedimento) da bacia hidrográfica do rio Guaporé.

| Faixa Espectral | Médoto | Pré-processamento | Conjunto de Dados | $R^2$ | RMSE (g $kg^{-1}$) | RPIQ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Solo | 0,99 | 0,79 | 15,01 |
| NIR | SVM | *Detrend* | Sedimento | 0,99 | 1,35 | 5,32 |
| NIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Solo+Sedimento | 0,99 | 1,16 | 20,26 |
| MIR | SVM | *Detrend* | Solo | 0,99 | 0,80 | 15,00 |
| MIR | SVM | *Detrend* | Sedimento | 0,99 | 1,33 | 5,42 |
| MIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Solo+Sedimento | 0,99 | 1,14 | 20,45 |
| NIR+MIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Solo | 0,99 | 0,79 | 15,11 |
| NIR+MIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Sedimento | 0,99 | 1,31 | 5,49 |
| NIR+MIR | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Solo+Sedimento | 0,85 | 4,63 | 5,06 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estimativa dos teores de cobre e zinco em solo e em sedimento por espectroscopia de refletância difusa combinando métodos de pré-processamento com calibração multivariada

Gustavo Pesini[1]; Gabriela Naibo[2]; Rafael Ramon[3]; Jean Michel Moura-Bueno[4]; Claudia A. P. Barros[5]; Laurent Caner [6]; Jean P. G. Minella[7]; Danilo S. Rheinheimer[7]; Tales Tiecher[5]

[1] Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Agronomia, Porto Alegre - RS, 91540-000, pesinig37@gmailcom; [2] Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [3] Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [4] Pósdoutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria;[5]Professor (a) Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; [6] Université de Poitiers, França; [7] Professor do Departamento de Solo, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

## INTRODUÇÃO

A região sul do Brasil encontra-se entre o grupo das áreas com maiores taxas de erosão do mundo (BORRELLI et al., 2017), devido a transformação dos biomas naturais em agroecossistemas sem respeitar a capacidade de uso do solo e adotando sistemas de manejos inadequados. Assim, as áreas agrícolas estão sendo constantemente transferindo sedimentos, elementos químicos e agrotóxicos aos sistemas aquáticos. Em bacias hidrográficas com intensa fragmentação das unidades de produção e com predomínio de criação de animais confinados (suínos e aves, em especial), o excesso de dejetos é descartado no solo em doses, formas e épocas de aplicação inadequadas. Além das transferências de material orgânico, resíduos de medicamentos veterinários, fósforo e nitrato, também têm se observado grandes aportes de cobre e zinco aos cursos d'água (RHEINHEIMER et al., 2020). A quantificação desses dois elementos traços metálicos é feita universal e facilmente usando-se a espectrometria de absorção atômica (EAA) ou a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Alguns pesquisadores têm utilizado a técnica da espectroscopia de refletância difusa para estimar os teores de elementos químicos em amostras de solo, justificando a não destruição da amostra e a economicicidade (SUN; ZHANG, 2017). Porém pesquisas realizadas na última década mostram limitações da técnica em avaliar concentrações de elementos traços metálicos e, caso se faça essa opção, a técnica tem que ser aprimorada para diminuir os desvios entre valores reais e estimados (CHENG et al., 2019).

As faixas espectrais do infravermelho próximo (IVP) e de infravermelho médio (IVM) são as mais utilizadas, preferencialmente se usadas combinadas (IVP+IVM) (SORIANO-DISLA et al. 2014). Adicionalmente, deve-se usar métodos de pré-processamento espectral (PENG et al., 2014) para melhorar as estimativas. Entre os modelos

multivariados, o *Partial Least Squares Regression* (PLSR) é o mais comumente utilizado, embora o modelo *Support Vector Machine* (SVM), não paramétrico, tenha demonstrado sucesso para estimar os atributos do solo (DOTTO et al., 2017).

Nesse sentido o objetivo do presente estudo foi usar a técnica da espectroscopia (combinação de diferentes faixas espectrais, técnicas de pré-processamento e modelos multivariados) para estimar os teores de cobre e zinco em amostras de solo e de sedimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do estudo

O solo e o sedimento usado para testar a técnica da espectrometria na estimativa dos teores de cobre e zinco são oriundas da bacia hidrográfica do Rio Guaporé. Ela é localizada no nordeste do Rio Grande do Sul, possui 2030 km$^2$ e tem uma alta produção de suínos e aves. As características fisiográficas determinam fragilidade ambiental quando o solo é utilizado fora de sua aptidão, sem adotar práticas conservacionistas e sem respeitar as leis ambientais, em especial, código florestal. As taxas de erosão são enormes (DIDONÉ et al., 2014) e são oriundos maciçamente das áreas cultivadas (TIECHER et al., 2017)

### Amostragem

Entre 2011 e 2014 foram coletadas 316 e 196 amostras de solo e de sedimento, respectivamente. Amostraram-se as áreas de lavoura e de pastagens, as estradas não-pavimentadas e as margens dos cursos d´água. Os sedimentos foram coletados em três situações: (a) em suspensão de modo contínuo, (b) em suspensão coletados durante os eventos pluviométricos e (c) nos cursos d'água.

### Análises em laboratório

O solo e os sedimentos foram secos em estufa a 50ºC e levemente desagregadas usando gral de ágata. O solo foi peneirado em malha de 63 µm a fim de comparar frações de tamanho de partículas semelhantes para todas as amostras estudadas.

A concentração pseudo-total dos elementos Cu e Zn e foi determinada por ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*) após digestão com HCl e $HNO_3$ concentrado na proporção de 3:1 (aqua-regia), assistida por microondas durante 9,5 min a 182 °C.

Os espectros do IVP foram registrados utilizando um espectrômetro FTIR Nicolet 26700 (Waltham, Massachusetts, EUA) no modo de refletância difusa com uma esfera de integração e um detector InGaAs interoa com uma resolução de 2 cm$^{-1}$ e 100 leituras por espectro. No IVM foi utilizando um espectrômetro Nicolet 510-FTIR (*Thermo Electron Scientific*, Madison, WI, EUA) no modo de reflexão com uma resolução de 2 cm$^{-1}$ e 100 leituras por espectro. Os espectrômetros de infravermelho eram constantemente varridos com uma corrente de ar para eliminar o $CO_2$.

### Análise dos dados

Foram utilizadas três técnicas de préprocessamento espectral: [*Detrend* (DET), *Savistky-Golay derivative* (SGD) e *Standard Normal Variate* (SNV)] para salientar feições de interesse e melhorar as predições dos teores de Cu e Zn.

Os modelos testados foram: *Partial Least Squares Regression* (PLSR) e *Support Vector Machine* (SVM), associados a três diferentes préprocessamentos dos espectros: *Detrend* (DET), *Savitzky-Golay Derivate* (SGD) e *Standard Normal Variate* (SNV), utilizando para calibração e validação o método de validação cruzada *Cross Validation* o qual subdivide o conjunto de dados em

subconjuntos, para assim elaborar análises para calibração e validação do modelo multivariado

Os modelos foram gerados usando o método de calibração cruzada denominado *Cross Validation* (BRUS et al., 2011). Ele subdivide o conjunto de dados e analisa os subconjuntos em calibração e validação do modelo multivariado.

Os espectros sem pré-processamento (brutos) e submetidos as três técnicas forma utilizados para desenvolver modelos de estimativa dos teores de Cu e Zn em solo e sedimentos. Os modelos formam calibrados usando dois métodos de calibração multivariada: [*Partial Least Squares Regression* (PLSR) e *Support Vector Machine* (SVM)].

O desempenho dos modelos em predizer os teores de Cu e Zn foram avaliados pelo coeficiente de determinação ($R^2$), relação entre o desempenho e a distância interquartil (RPIQ) e pelo erro médio quadrático de predição (RMSE). Todos os métodos de pré-processamentos e calibração multivariada dos dados foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2020 ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações reais de Cu e Zn no solo e sedimento obtidos pelo método ICP-OES estão apresentadas na **tabela 1**.

O uso da técnica da espectroscopia combinado diferentes técnicas de pré-processamento, faixas espectrais e modelos multivariados foram eficazes em estimar os teores de Cu e Zn tanto de solos quanto de sedimentos ($R^2 \geq 0,98$), exceto para o conjunto solo + sedimento e uso do modelo SVM, mesmo combinando as faixas espectrais (IVP+IVM). Nesse caso, os valores de $R^2$ foram de apenas 0,68 para Zn e 0,88 para Cu. Também, a estimativa não foi adequada para estimar os teores de Zn quando da utilização apenas da faixa espectral IVP (**Tabela 2**).

Os valores do erro médio quadrático de predição foram menores na estimativa dos teores de Zn do que de Cu. Todas as combinações de faixas espectrais e técnicas de pré-processamento estimaram bem os teores de Zn (< 2,25 mg $kg^{-1}$ de RMSE – **Tabela 2**), exceto para o conjunto solo + sedimento usando faixa espectral IVM sozinha ou combinada com IVP. A inclusão do sedimento no conjunto de dados aumenta sensivelmente o erro na estimativa, evidenciando que a técnica tem dificuldades em estimar corretamente quando se incrementa a variação da composição mineral das amostras, como é observado em amostras de sedimento.

Por outro lado, os valores de RMSE para estimativa de Cu foram extremamente elevados em quase todos os conjuntos de modelos utilizados. Erro variou de 5,27 a 39,07 mg $kg^{-1}$ (**Tabela 2**), sendo inaceitáveis agroambientalmente.

Segundo Wu et al. (2010), os elementos Cu e Zn não produzem características fundamentais ou diagnósticas em nenhuma região dos espectros. Assim, o desempenho dos modelos para predição para esses elementos em solo e em sedimento parecem estar relacionados aos teores de Al, Fe, óxidos e matéria orgânica (SORIANO-DISLA et al., 2013), sendo que a relação com Fe é considerado o principal mecanismo (WU et al., 2007). Porém Cu e Zn são metais de transição que, em nível atômico, possuem um espaço vazio e quando na forma cristalina, as orbitas d se dividirão e a energia eletromagnética será absorvida quando um elétron ser move de um nível inferior para um nível superior (BURNS, 1993). Portanto, é possível que algumas frações destes elementos possuam interação direto com a onda eletromagnética e outras sejam dependentes de outros compostos, como Fe e MO.

## CONCLUSÕES

A faixa do IVP mostra-se informativa para quantificação de Cu e Zn no solo e sedimento, pois o conjunto de melhor modelo e pré-processamento obteve um $R^2$ superior às outras faixas.

Os melhores pré-processamentos espectrais para a quantificação de Cu e Zn em solo e sedimento foram SGD e DET quando combinados com o modelo de calibração multivariada SVM.

A espectroscopia mostra-se eficiente para quantificação de Cu e Zn no solo e sedimento e pode ser utilizada como ferramenta para quantificação desses elementos.

**AGRADECIMENTOS**: Os autores agradecem à UFRGS, UFSM, IRGEB, Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP pelo apoio financeiro e ao projeto "Mais Água" e FAPERGS

## REFERÊNCIAS

Borrelli P, Robinson DA, Fleischer LR, Lugato E, Ballabio C, Alewell C, Meusburger K, Modugno S, Schütt B, Ferro V, Bagarello V, Oost KV, Montanarella L, Panagos P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. Nat Commun. 2017;8:2013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7.

Burns RG. Mineralogical Applications of Crystal Field Theory. Mineralogical Applications of Crystal Field Theory, by Roger G Burns, Pp 575 ISBN 0521430771 Cambridge, UK: Cambridge University Press, September 1993. 1993

Cheng H, Shen R, Chen Y, Wan Q, Shi T, Wang J, Wan Y, Hong Y, Li X. Estimating heavy metal concentrations in suburban soils with reflectance spectroscopy. Geoderma. 2019;336:59-67. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.010

Dotto AC, Dalmolin RSD, Grunwald S, ten Caten A, Pereira Filho W. Two preprocessing techniques to reduce model covariables in soil property predictions by Vis-NIR spectroscopy. Soil and Tillage Research. 2017;172:59-68. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.05.008

Peng X, Shi T, Song A, Chen Y, Gao W. Estimating Soil Organic Carbon Using VIS/NIR Spectroscopy with SVMR and SPA Methods. Remote Sensing. 2014;6:2699-717. https://doi.org/10.3390/rs6042699

Soriano-Disla JM, Janik L, McLaughlin MJ, Forrester S, K. Kirby J, Reimann C. Prediction of the concentration of chemical elements extracted by aqua regia in agricultural and grazing European soils using diffuse reflectance mid-infrared spectroscopy. Applied Geochemistry. 2013;39:33-42. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.09.015

Soriano-Disla JM, Janik LJ, Rossel RAV, Macdonald LM, McLaughlin MJ. The Performance of Visible, Near-, and Mid-Infrared Reflectance Spectroscopy for Prediction of Soil Physical, Chemical, and Biological Properties. Applied Spectroscopy Reviews. 2014;49:139-86.

Sun W, Zhang X. Estimating soil zinc concentrations using reflectance spectroscopy. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2017;58:126-33.

Wu C-Y, Jacobson AR, Laba M, Kim B, Baveye PC. Surrogate Correlations and Near-Infrared Diffuse Reflectance Sensing of Trace Metal Content in Soils. Water Air Soil Pollut. 2010;209:377-90.

Wu Y, Chen J, Ji J, Gong P, Liao Q, Tian Q, Ma H. A Mechanism Study of Reflectance Spectroscopy for Investigating Heavy Metals in Soils. Soil Sci Soc Am J. 2007;71:918-26.

R: The R Project for Statistical Computing; n.d. [cited 2020 Sep 17]. Available from: https://www.rproject.org/.

Tabela 1. Concentrações de Cu e Zn no solo e sedimento obtidos por ICP-OES.

| | Cu (mg kg$^{-1}$) | | | | Zn (mg kg$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Máximo | Mínimo | Média | Desvio Padrão | Máximo | Mínimo | Média | Desvio Padrão |
| **Solo** | 589,30 | 14,70 | 197,90 | 130,40 | 33,90 | 6,20 | 14,30 | 5,00 |
| **Sedimento** | 300,50 | 40,70 | 155,70 | 56,70 | 83,50 | 9,30 | 32,30 | 22,60 |

Tabela 2. Melhores modelos e pré-processamentos para a detecção de Cu e Zn nas faixas do IVP, IVM e IVP+IVM.

| Faixa Espectral | Modelo | Pré-processamento | Elemento | Conjunto de Dados | $R^2$ | RMSE (mg kg$^{-1}$) | RPIQ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IVP | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Solo | 0,99 | 12,48 | 18,88 |
| IVP | SVM | *Detrend* | Cu | Sedimento | 0,99 | 5,30 | 12,43 |
| IVP | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Solo+Sedimento | 0,99 | 10,66 | 14,99 |
| IVP | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo | 0,99 | 0,48 | 12,72 |
| IVP | SVM | *Detrend* | Zn | Sedimento | 0,99 | 2,21 | 15,68 |
| IVP | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo+Sedimento | 0,99 | 1,69 | 6,10 |
| IVM | SVM | *Original* | Cu | Solo | 0,99 | 12,55 | 18,90 |
| IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Sedimento | 0,99 | 5,43 | 12,13 |
| IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Solo+Sedimento | 0,98 | 17,41 | 9,23 |
| IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo | 0,99 | 0,49 | 12,36 |
| IVM | SVM | *Detrend* | Zn | Sedimento | 0,99 | 2,23 | 15,52 |
| IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo+Sedimento | 0,92 | 5,11 | 2,01 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Solo | 0,99 | 12,22 | 19,28 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Sedimento | 0,99 | 5,27 | 12,50 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Cu | Solo+Sedimento | 0,88 | 39,07 | 4,11 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo | 0,99 | 0,48 | 12,83 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Sedimento | 0,99 | 2,21 | 15,67 |
| IVP+IVM | SVM | *Savitzky-Golay Derivative* | Zn | Solo+Sedimento | 0,68 | 10,00 | 1,03 |

$R^2$: Coeficiente de determinação; RMSE: Raiz quadrada do erro médio; RPIQ: Relação entre o desempenho e o erro interquartil.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estoques de Carbono e Nitrogênio no município de Braço do Norte/SC em vista a iniciativa 4‰

Marcos Guilherme Hollas[1]; Vilmar Müller Junior[2]; Lucas Dupont Giumbelli[3]; Jucinei José Comin[4]; Cledimar Rogério Lourenzi[5]

[1] Estudante, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi-SC, hollas.marcos@gmail.com; [2] Professor, Instituto Federal do Paraná; [3] Estudante, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); [4] Professor, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); [5] Professor, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

## INTRODUÇÃO

A emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono ($CO_2$) e o oxido nitroso ($N_2O$) é um problema mundial e que pode levar a consequências preocupantes no futuro. Essas emissões estão relacionadas, principalmente, a geração de energia e calor; desmatamento, agricultura e pecuária; atividades industriais; transportes, e; construção civil.

O balanço de emissão de C no solo está ligado à relação entre adição de C via fotossíntese, inputs de material orgânico (por exemplo: adubação orgânica) e perdas de C pela oxidação dos resíduos orgânicos pela microbiota, processos físico-químico da degradação desses compostos orgânicos, que podem ser ou não favorecidas pelo manejo. Através do manejo, os solos agrícolas podem deixar de ser emissores de $CO_2$ e tornaram-se sequestradores de C atmosféricos.

O C é o principal componente da matéria orgânica do solo (MOS), que atua como substrato para processos microbianos, que por sua vez contribuem para a agregação e a porosidade do solo. O N também está presente na MO, e é o nutriente mais abundante na matéria viva, participando na composição dos ácidos nucleicos, proteínas, moléculas fundamentais para todos os processos biológicos, além de ser o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas (EMBRAPA, 2007).

Nesse contexto, a iniciativa 4‰ destina-se a complementar os esforços necessários para reduzir as emissões globais de GEE, sendo uma iniciativa voluntária, onde cabe a cada membro definir como deseja contribuir para a obtenção das metas (www.4p1000.org). Se este nível de C fosse incrementado em 0,4%, ou 4‰ por ano, até 40 cm de profundidade no solo, o aumento anual do $CO_2$ na atmosfera seria interrompido (BAVEYE et al., 2018).

Em áreas onde se opta pelo uso do sistema de plantio direto (SPD), combinado com plantas de cobertura, as taxas de emissões do $CO_2$ podem ser reduzidas se comparadas a cultivos sob sistema de plantio convencional (SPC) (COSTA et al., 2008). Além disso, o uso de adubos orgânicos também constitui uma importante alternativa para o aumento dos teores e estoques de C no solo (LOURENZI et al., 2011; LOURENZI et al., 2016; LOSS et al., 2017). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os estoques de C e N em solos sob diferentes formas de adu-

bação manejado no sistema cultivo mínimo, no município de Braço do Norte/SC, com vistas a atender a iniciativa 4‰ para o carbono.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com o a utilização de um experimento que foi instalado em 2013, conduzido em uma propriedade rural no município de Braço do Norte/SC (Latitude 28º 16' 30" S, Longitude 49º 09' 56" W e 300 m de altitude). O clima da região é classificado como subtropical úmido de acordo com Köppen-Geiger. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, em que cada parcela possuía 6,5 x 8,0 m(52m$^2$). Os tratamentos utilizados foram: sem adubação (SA); adubação mineral (AM), conforme recomendação da CQFS-RS/SC (2016); composto de dejeto líquido de suínos + AM (CSlim); dejeto líquido de suínos + AM (DLlim); e dejeto líquido de suínos para atender a recomendação de N para a cultura (DL100). Nos tratamentos CSlim e DLlim, a quantidade de resíduo orgânico aplicada foi calculada de acordo com o elemento mais limitante, sendo o fornecimento dos demais nutrientes realizado por meio de adubação química suplementar (CQFS-RS/SC, 2016). Foi cultivado milho (*Zea mays* L.), como cultura comercial no verão, e aveia preta (*Avena sativa* L.), como cultura de cobertura no inverno. As coletas de solo para a quantificação dos estoques de C e N neste experimento foram realizadas apenas nos tratamentos SA, CSlim, DLlim e uma área de mata (M) utilizada como referência.

Para as coletas de solo, deformadas e indeformadas, nas camadas 0-5, 5-10, 10-30 cm de profundidade, foram abertas trincheiras de 40 x 40 x 40 cm em cada parcela e nestas coletadas amostras de solo com auxílio de uma pá de corte, faca, régua e embalagens plásticas. As amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Manejo e

Classificação de Solos da Universidade Federal de Santa Catarina. As amostras deformadas foram secas em estufa de circulação de ar forçado a 45ºC, moídas e passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de anéis de Kopecky (EMBRAPA, 2011), submetidas ao processo de secagem à 105ºC, em estufa de ventilação forçada. Após, as amostras foram pesadas, e os valores obtidos foram utilizados para o cálculo da densidade do solo (Ds), através da equação: Ds = m/V, Onde: Ds: densidade do solo (kg dm-3); M: massa da amostra seca à 105 ºC; V: volume do anel de Kopecky.

Na TFSA foram determinados os teores de nitrogênio total (NT), conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995); e carbono orgânico total (COT), conforme método descrito por Embrapa (1997).

Os estoques de C (EstC) e N (EstN) do solo foram realizados a partir dos teores de COT e de NT juntamente com a Ds, para cada camada amostrada, utilizando-se a metodologia de Canellas et al. (2007): Est C/N = [C/N] x L x Ds x 10; Onde: Est C/N: estoque de COT ou NT em determinada profundidade (Mg ha$^{-1}$); [C/N]: COT ou NT da amostra (g kg$^{-1}$); L: espessura da camada avaliada (m); Ds: densidade do solo da profundidade (Mg/m$^3$).

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Lilliefors e Barttlet, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, foram comparados entre si pelo teste Scott-Knott a 5%

de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos CSlim e DLlim apresentaram maiores estoque de C e N na camada superficial (05 cm), porém não atingiram níveis semelhantes aos verificados no solo da mata (Figura 1). Nas demais profundidades (5-10 e 10-30 cm) para os estoques de C não foi observado diferença entre os tratamentos avaliados. Já para os estoques de N, a camada de 5-10 cm, dos tratamentos CSlim e DLlim, apresentou maiores valores quando comparada com o tratamento SA. No entanto, os estoques desta camada foram menores quando comparados a M. Os maiores estoques de C na camada superficial (0-5 cm) são devidos as aplicações superficiais dos adubos orgânicos, sem incorporação ao solo (LOURENZI et al., 2016). Já o comportamento do N pode ser explicado pela sua maior mobilidade no perfil de solo, favorecendo a migração e acúmulo nas camadas mais profundas (LOURENZI et al., 2013).

Considerando toda a camada avaliada (0-30 cm), os maiores estoques de C foram observados na área de mata, seguido dos tratamentos CSlim e DLlim, ou seja, um acréscimo de 18,8 % e 12,1%, respectivamente, nos estoques de C em relação ao tratamento sem adubação (Tabela 1). A área de mata é utilizada como sendo a condição ideal do solo estudado e, nesse caso, observa-se que os estoques de C nos tratamentos avaliados estão próximos aos valores observados no solo referência, especialmente o CSlim, indicando que o uso desses adubos orgânicos podem ser alternativas viáveis para aumentar os estoques de C em solos agrícolas. Além disso, nos cinco anos de condução do experimento, os incrementos anuais no estoque de C nos tratamentos CSlim e DLlim estão acima do que é preconizado pela iniciativa 4‰ (www.4p1000.org), com um incremento médio anual de 37,6‰ para o tratamento CSlim e 24,2‰ para o DLlim. Sendo que a iniciativa 4‰ preconiza que os estoques de C sejam incrementados em 0,4%, ou 4‰ por ano, até 30 cm e profundidade no solo.

Tabela 1. Estoque de carbono (Est. C) na camada de 0-30 cm em experimento conduzido por cinco anos em Braço do Norte (SC) com uso de diferentes fontes de nutrientes.

| Tratamentos | Est C [2] | Var. C [3] | Média anual [4] |
|---|---|---|---|
| | Mg ha$^{-1}$ | % | 4‰ |
| SA | 46,1 c[1] | | |
| DLlim | 51,7 b | 12,1 | 24,2 |
| CSlim | 54,8 b | 18,8 | 37,6 |
| Mata | 60,7 a | | |

[1]Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro; [2]Representa os estoques de C na camada de 0-30 cm; [3]Representa a variação nos estoques de C ao longo dos cinco anos de condução do experimento em relação ao tratamento SA; [4]Representa a variação média anual dos estoques de C ao longo dos cinco anos de condução do experimento em relação ao tratamento SA.

## CONCLUSÕES

O uso de adubação orgânica proveniente de dejetos suínos, associado com Sistema de cultivo mínimo, contribui para o aumento do estoque de C e N no solo. Porém, não é o suficiente para se igualar aos estoques de C e N da mata. No entanto, o uso das dessas adubações atendem o incremento anual nos estoques de C preconizado pela iniciativa 4‰.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiróz pelo financiamento da pesquisa pelo projeto PA 2545/18.

## REFERÊNCIAS

BAVEYE, P.C.; BERTHELIN, J.; TESSIER, D.; LEMAIRE, G. The "4 per 1000" initiative: A credibility issue for the soil science community? Geoderma, v.309, p.118-123, 2018.

COSTA, F.D.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.32, p.323-332, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa soja. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina, PR. Pg.15, edição:1, 2007.

LOSS, A.; SCHMITZ, D.S.J.E.; KURTZ, C.; DA VEIGA, M.; COMIN, J.J. Atributos físicos do solo sob sistemas de plantio direto e preparo convencional em cultivo de cebola. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. v.11, p.105-113, 2017.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.157-167, 2013.

LOURENZI, C.R.; SCHERER, E.E.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P.A.A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejeto líquido de suínos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, p.233-242, 2016.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v.6, p.36-41, 2008

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

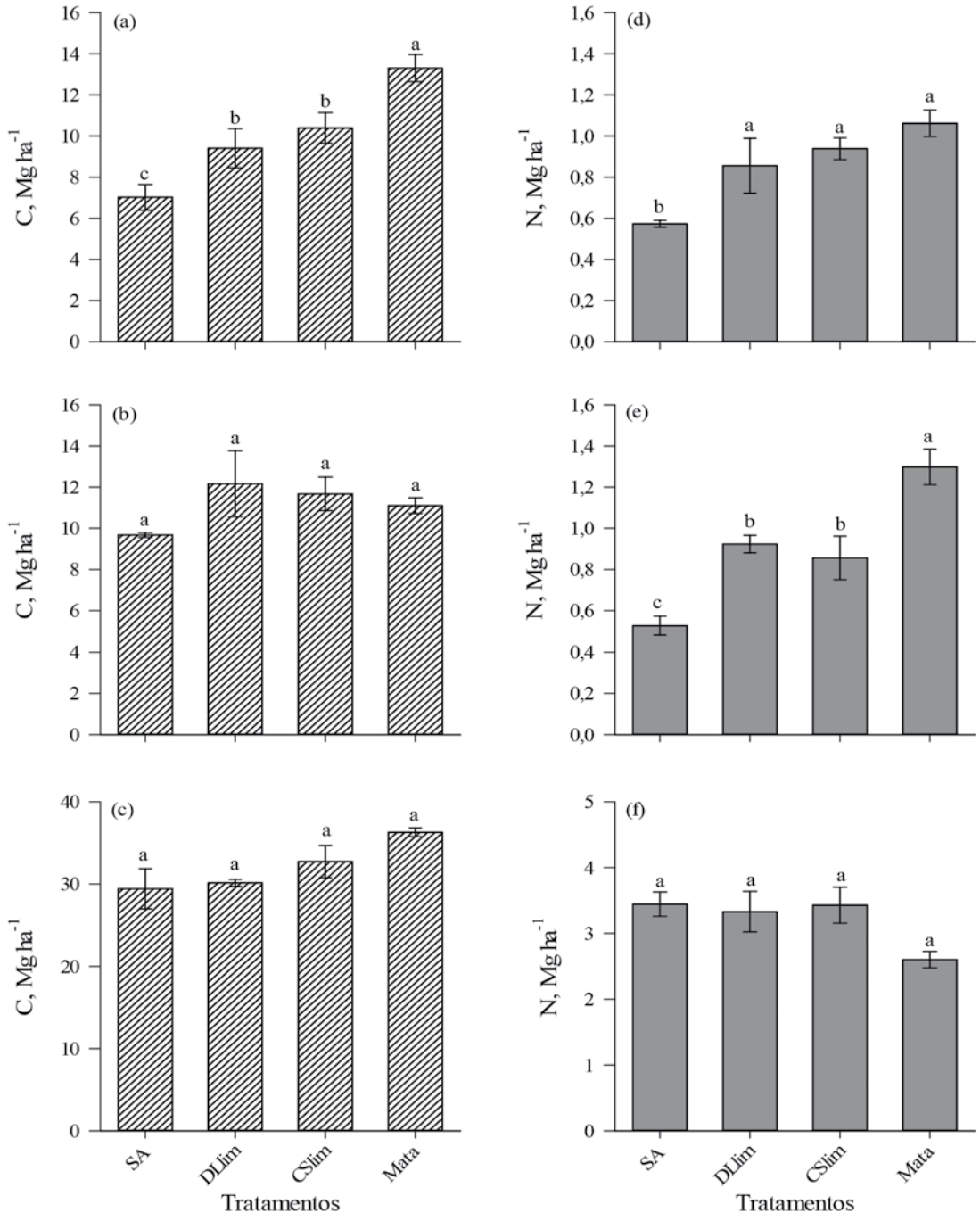



Figura 1. Estoques de carbono e nitrogênio no experimento conduzido em Braço do Norte (SC), com uso de diferentes fontes de nutrientes. (a) EstC (Mg $ha^{-1}$) na camada 0-5 cm; (b) EstC (Mg $ha^{-1}$) na camada 5-10 cm; (c) EstC (Mg $ha^{-1}$) na camada 10-30 cm; (d) EstN (Mg $ha^{-1}$) na camada 0-5 cm; (e) EstN (Mg $ha^{-1}$) na camada 5-10 cm; (f) EstN (Mg $ha^{-1}$) na camada 10-30; Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. As barras representam o erro padrão da média.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Estoques de carbono em Diferentes Posições do Relevo em Urucu, Amazônia Central Brasileira

Franciele de Souza Rocha[1]; Melania Merlo Ziviani[2]; Érika Flávia Machado Pinheiro[3]; Marcos Bacis Ceddia[3]

(1) Estudante de Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Seropédica-RJ, 23890-000, franciele.florestal@gmail.com; (2) Doutoranda, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pósgraduação em Agronomia-Ciência do Solo (PPGA-CS), Departamento de Solos, Seropédica - RJ, 23890-000, melziviani@gmail.com; (3) Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 23890-000.

## INTRODUÇÃO

A atual preocupação do século XXI diz respeito ao aumento das emissões de dióxido de carbono na atmosfera, um dos principais gases do efeito estufa, e com isso, quais as possíveis mudanças no clima global. Isso tem levado a pesquisas que respondam como fixar o carbono nos solos e evitar a sua emissão atmosférica, ou seja, em estudar a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), bem como os processos envolvidos na estabilização do carbono do solo (Follet, 2007) e seu potencial de sequestro nos diferentes ecossistemas terrestres (Schlesinger, 1999; Six et al., 2002; CABRERA, 2009). Segundo Carvalho et al. (2010) as regiões de clima tropical estocam cerca de 32% de todo o C do planeta.

A floresta Amazônica representa um terço das florestas tropicais do mundo e exerce um papel imprescindível na manutenção dos serviços ambientais, principalmente no que se refere ao sequestro e estoque de carbono em seus solos. Exibe uma variabilidade de espécimes botânicas e fauna. A vegetação pode ser dividida basicamente em função da dinâmica da paisagem, nas áreas mais altas do relevo estão as matas de terra firme que se encontram livre de inundações, ao contrário das áreas médias a baixa da paisagem que sofrem inundações de pequeno a longo prazo.

Os solos são ácidos e de baixa fertilidade, todo o material orgânico depositado sobre a superfície sofre uma rápida ciclagem, liberando nutrientes que retornam para os vegetais, garantindo o equilíbrio ecológico deste bioma.

Os fatores responsáveis pelo acúmulo da matéria orgânica nos solos são: o clima que influencia na produção de biomassa vegetal; o relevo proporcionando diferentes acúmulos de matéria orgânica ao longo da paisagem; a vegetação que influencia no aporte de fitomassa na superfície e em subsuperfície (desenvolvimento radicular); o material de origem que, em função da sua constituição influenciara a composição mineralógica dos solo exercendo influência sobre os estoque de carbono do solo e; o tempo (Ker et. al., 2012).

O armazenamento do material orgânico no solo depende de mecanismos que estabilizem a matéria orgânica do solo (MOS), dentre eles podem-se citar: recalcitrância do material orgânico, a proteção química que é a interação

químicas das partículas orgânicas com a fração mineral do solo e por fim, a proteção física do material orgânico no interior dos agregados do solo (Sollins et. al.,1996).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do fator relevo nos estoques de C dos solos da região de Urucu, Amazônia Central.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Província Petrolífera de Urucu, numa unidade denominada "Bases de Operações Geólogo Pedro Moura (BOGPM) ", vinculado ao projeto "Mapeamento Digital de Solos em Áreas de Exploração de Óleo e Gás – Estudos de casos dos Campos Norte e Nordeste Brasileiro", conveniado com o Laboratório de Água e Solos em Agroecossistemas (LASA) do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e PETROBRAS.

O clima segundo Koppen é classificado como Af, caracterizado por temperaturas médias mensais de 20ºC e precipitação média anual de 2500 mm. Entre os tipos de vegetações observadas, destacase a Floresta Tropical Equatorial de Terra Firme que ocupa grande parte da área estudada. Os solos sob a área de Terra Firme são bem drenados, o que favorece o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante, de mata fechada e elevado porte. O segundo tipo de vegetação observada, nos solos sob regime de moderada a mal drenagem, é a Floresta Equatorial Fluvial que confere uma vegetação mais adaptada às condições de hipóxia, expressando-se com menor porte, menor densidade e mata mais aberta (CEDDIA et. al., 2015) caracterizando as áreas de Terraço e Planícies Fluviais.

Os estoques médios de C foram avaliados quanto a posição em que os perfis de solo se encontravam no relevo, sendo as porções mais altas e onduladas as de Terra Firme, as de alta a média e plana de Terraços e a porção mais baixa de Planícies Fluviais.

Incialmente, foram abertas trincheiras para a coleta de amostras de terra (deformadas e indeformadas) e descrição morfológica dos perfis de solos utilizando o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et. al., 2015) e, posteriormente os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2018).

Os perfis de solos foram agrupados quanto a posição em que ocupavam ao longo da paisagem. Para o cálculo do estoque de C foi utilizado o método proposto por Bernoux et al. (1992), realizado até 100 cm de profundidade. Os perfis de solos foram divididos em horizontes e camadas nas quais foram retiradas amostras de terra deformadas e indeformadas para a determinação do teor carbono orgânico (CO) e da densidade do solo. O teor de C foi realizado, através do método Walkley & Black (1934) e a densidade do solo foi determinada de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Não se fez necessário a correção da massa de solo para os cálculos de estoques de C, pois os solos encontravam-se sob o mesmo tipo de vegetação, em ambiente natural, sem perturbação do solo.

Os resultados observados foram analisados através da construção de um gráfico do tipo boxplot referente a comparação entre a posição da paisagem e os estoques de C no solo e seguiu o método proposto por Tukey (1970) sendo calculado e plotado através do Excel (Microsoft Office).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram classificados 35 perfis de solo na região de estudo onde pode-se destacar a classe dos Argissolos que apresentou 21 perfis (60%), seguindo pelos Cambissolos e Gleissolos com 5 (14,3%) e 4 (11,4%) perfis, respectivamente.

Por fim, menos frequentes foram as classes dos Espodossolos e Planossolos com 4 (11,4%) e 1 (2,9%) perfil, respectivamente. Os valores de estoque de C, até 100 cm de profundidade, para todas as classes de solo em cada ponto da paisagem são apresentados na **Figura 1**.

Em relação a posição da paisagem, os valores médios de estoque de C (Mg ha-1) para Terra firme foi de 99,9 Mg ha-1, Terraços de 131,6 Mg ha-1 e Planícies Fluviais de 91,9 Mg ha-1, apresentados na **Figura 2**.

As classes de solos mais representativas descritas em cada posição da paisagem Terra Firme, Terraços e Planícies Fluviais foram, respectivamente, os Argissolos com 19 perfis, os Cambissolos com 3 perfis e os Gleissolos com 3 perfis.

As Planícies Fluviais apresentaram uma alta variabilidade e valor médio de estoque de C menor quando comparadas as outras posições da paisagem. Este fato pode ser justificado porque estas áreas, por se encontrarem na posição inferior da paisagem, são revestidas por uma vegetação menos exuberante, de mata aberta (CEDDIA et. al., 2015) e isso implica em uma menor entrada de C para dentro do sistema. Esse resultado contrapõe em partes os valores encontrados por Marques et al. (2016) que verificou maiores quantidade de estoque de C em áreas de fundo de vale e menores em áreas declivosas.

Para a área de Terra Firme, a variabilidade dos estoques de C foi menor quando comparada a Planícies Fluviais, justificando-se pelo fato de que há maior densidade vegetal, contribuindo na quantidade e tipo de material orgânico depositado sobre o solo e também por serem áreas livres de inundações e bem drenadas. Contudo, a média de estoque de C foi de 99,9 Mg ha-1 foi menor que a observada nos Terraços (131,6 Mg ha-1) e tal fato pode ser justificado devido à posição declivosa que ocupam na paisagem contribuindo para o escoamento superficial da matéria orgânica, não permanecendo tempo suficiente para que a mesma seja estabilizada e estocada.

A posição da paisagem Terraço apresentou o maior valor médio de C estocado (131,6 Mg ha-1) frente as posições, Terra Firme e Planícies Fluviais. Como está situado sob condição mais plana do relevo, não há o favorecimento de perda da matéria orgânica depositada, mesmo sob vegetação de mata aberta (menos densa), fazendo com que a permanência deste material seja mais prolongada favorecendo a atuação dos mecanismos estabilizadores de C.

## CONCLUSÕES

Os estoques de carbono orgânico nos solos da região de Urucu variaram entre 27,4 Mg ha-1 e 230,3 Mg ha-1. A influência do relevo ocorreu não somente através da dinâmica da água nos diferentes pontos da paisagem, mas também em função da estrutura da vegetação presente nas diferentes partes do relevo. A vegetação pode alterar a quantidade e qualidade do material orgânico depositado nos solos e consequentemente os estoques de carbono.

**AGRADECIMENTOS**: Agradeço à PETROBRAS, à agência de fomento FAPUR, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em AgronomiaCiência do Solos da UFRRJ, bem como aos meus orientadores Érika Flávia Machado Pinheiro e Marcos Bacis Ceddia pelo incentivo e oportunidade.

## REFERÊNCIAS

Cabrera LT. Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Ecossistemas de Floresta Secundária sobre solos Antrópicos e solos Não-Antrópicos (Adjacentes) na Amazônia Central. 2009.

Carvalho JLN, Avanzi JC, Silva MLN, Mello CR, Cerri CEP. Potencial de sequestro de carbono em

diferentes biomas do brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

Ceddia MB, Villela ALO, Pinheiro EFM, Wendroth O. Spatial variability of soil carbon stock in the Urucu river basin, Central Amazon-Brazil. Science of the Total Environment 526, 2015.

Fidalgo ECC, Benites VM, Machado PLOA, Madari BE, Coelho MR, Moura IB, Lima CX. Estoque de carbono nos solos do Brasil. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, n. 121, p. 1-27, dez. 2007.

Lal R, Follett RF, Stewart BA, Kimble JM. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. Soil Science: December 2007 - Volume 172 - Issue 12 - p 943-956.

Ker JC, Curi N, Schaefer CEGR, VIDAL-TORRADO P. (Ed.). Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, 2012. 343 p. il.

Marques JDO, Luizão FJ, Teixeira WG, Vitel CM, Marques EMA. Soil organic carbon, carbon stock and their relationships to physical attributes under forest soils in central Amazonia. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.2, p.197-208, 2016.

Oliveira ES, Braga ARS, Roig HL. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, DF, v. 32, n. 1/2, p. 71-93, jan. /ago. 2015.

Santos RD, Santos HG, Ker JC, Anjos LHA, Shimizu SH. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7 ed. Viçosa – MG: SBCS, 2015.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VÁ, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Filho JCA, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Schlesinger WH. Carbon sequestration in soil. Science Vol. 284, Issue 5423, pp. 2095. 1999

Six J, Conant RT, Paul EA et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for Csaturation of soils. Plant and Soil 241, 155 –176 (2002).

Sollins P, Homann P, Caldwell BA. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. Geoderma, 74, 65-105, 1996.

Trumbore S, Camargo PB. Dinâmica do carbono do solo. In: Keller M, Bustamante M, Gash J, Dias PS. Amazônia and Global Change, v. 186, American Geophysical Union as part of the Geophysical Monograph Series, p. 451-462, 2009.

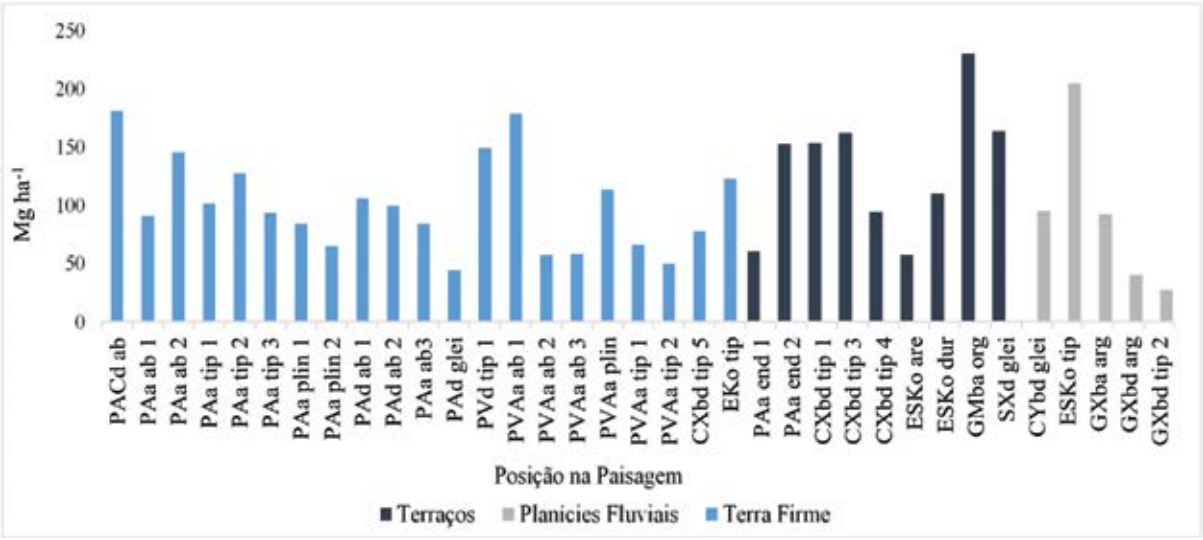



Figura 1. Estoque de carbono orgânico total do solo dos 35 perfis encontrados na região de Urucu, Amazônia Central e separados quanto a posição do relevo que se encontravam.

Terra Firme. PACd ab : Argissolo Acinzentado Distrófico abrúptico; PAa ab 1: Argissolo Amarelo Alumínico abrúptico, PAa ab 2: Argissolo Amarelo Alumínico abrúptico endorredóxico; PAa tip 1: Argissolo Amarelo Alumínico típico; PAa tip 2: Argissolo Amarelo

Alumínico típico; PAa tip 3: Argissolo Amarelo Alumínico típico; PAa plin 1: Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico; PAa plin

2: Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico endorredóxico; PAd ab 1: Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico; PAd ab 2: Argissolo

Amarelo Distrófico abrúptico; PAa ab 3: Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico; PAd glei: Argissolo Amarelo Distrófico gleissólico; PVd tip 1: Argissolo Vermelho Distrófico típico; PVAa ab 1: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico abrúptico; PVAa ab 2: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico abrúptico mesorredóxico; PVAa ab 3: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico abrúptico mesorredóxico; PVAa plin: Argissolo VermelhoAmarelo Alumínico plintossólico; PVAa tip 1: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico; PVAa tip 2: Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico; CXbd tip 5: Cambissolo Háplico Distrófico típico endorredóxico e EKo tip: Espodossolo Humilúvico Órtico típico. Terraços. PAa end 1: Argissolo Amarelo Alumínico endorredóxico; PAa end 2: Argissolo Amarelos Alumínico endorredóxico; CXbd tip 1: Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico; CXbd tip 3:

Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico; CXbd tip 4: Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico endoalumínico; ESKo are: Espodossolo Ferri-Humilúvico Órtico arênico; ESKo dur: Espodossolo Ferri-Humilúvico Órtico dúrico; GMba org: Gleissolo Melânico Tb Alumínico organossólico e SXd glei: Planossolo Háplico Distrófico gleissólico endoalumínico. Planícies Fluviais. CYbd glei: Cambissolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico; ESKo tip: Espodossolo Ferri-Humilúvico Órtico típico; GXba arg: Gleissolo Háplico Tb Alumínico argissólico; GXbd arg: Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico endoalumínico e GXbd tip 2: Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico.

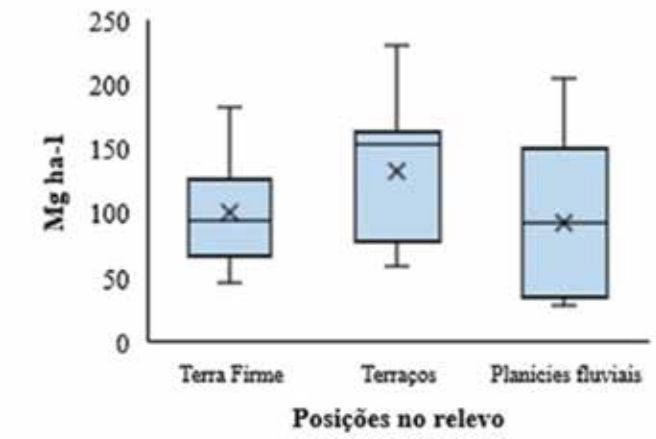



Figura 2. Valores médios de estoque de carbono orgânico do solo para cada posição da paisagem na região de Urucu, Amazônia Central. Veja o sobrescrito no gráfico.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fatores de Transferência de Cobre do Solo para Plantas de Couve Manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Cultivadas em Áreas de Produção Intensiva

Rafael Gomes da Mota Gonçalves[1]; Carlos Antônio dos Santos[2]; Everaldo Zonta[3]; Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho[3]

[1] Estudante de Doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, BR 465, Km 47, SeropédicaRio de Janeiro, Rafaelmotag@hotmail.com; [2] Estudante de Doutorado em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, Km 47, Seropédica-Rio de Janeiro; [3] Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, Km 47, Seropédica-Rio de Janeiro

## INTRODUÇÃO

A contaminação do solo por metais pesados é uma das principais preocupações no mundo (Fao, 2018), principalmente pela sua persistência no ambiente (Ali et al., 2019). A entrada desses elementos no sistema solo-planta pode ocorrer tanto por meio de processos naturais (Zhongmin et al., 2018), quanto por atividades antropogênicas (Luo et al., 2012).

No âmbito do aporte antropogênico, o manejo inadequado do solo associado ao uso massivo de agroquímicos são relatados como possíveis fatores de acúmulo de metais em áreas de produção agrícola (Chen et al., 2009). Esse desequilíbrio decorre, em grande parte, das impurezas contido nos fertilizantes minerais de alta solubilidade (Amaral Sobrinho et al., 1992), assim como também, nos adubos orgânicos (Meng et al., 2016).

O cobre (Cu) é um dos metais comumente encontrado em sistemas agrícolas (Khan et al., 2009). A presença desse elemento se torna mais preocupante em áreas de hortaliças, visto que, geralmente são consumidas *in natura*, além de estarem em contato direto com possíveis fontes de contaminação (Markovska et al., 2009).

No Estado do Rio de Janeiro, a produção de hortaliças é caracterizada, na maioria, pelo manejo intensivo do solo e concentradas em áreas com declividades elevadas (Franco et al., 2020).

Assim, torna-se importante o entendimento dos fatores de transferência desses elementos em áreas de produção intensiva de hortaliças. O objetivo deste trabalho foi avaliar solos de área de produção de couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) quanto à contaminação por cobre (Cu), identificando os fatores que mais contribuíram para o enriquecimento dos solos por este elemento e na transferência para plantas de couve.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Petrópolis-RJ, distrito de Itaipava, coordenadas 22° 30′ 17″ Sul, 43° 10′ 56″ Oeste, Brasil. As áreas estudadas apresentam relevo altamente declivoso e tem sido manejadas de forma intensiva há mais de 50 anos.

Amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm foram coletadas. Os pontos de amostragem foram determinados de forma aleatória, totalizando-se 146 pontos. Os pontos foram georreferenciados com o uso de um GPS topográfico.

Para análise química, as amostras tamizadas com peneira de malha de 2 mm. Para determinação de Cu, foram peneiradas em tamiz de malha de 0,150 mm. As análises químicas de solo dos atributos foram realizadas conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). Para determinação da fração biodisponível do Cu utilizou-se extrator Mehlich I. Para determinação dos teores pseudototais dos elementos Ca, Mg, Na, K, P e Cu as amostras foram digeridas conforme metodologia 3050B, postulado pela USEPA (1996).

Nas áreas amostradas, também foram coletadas amostras dos insumos (fertilizantes) utilizados nas áreas de produção de couve-comum.

Nas plantas e insumos, para determinação dos teores pseudototais dos elementos Ca, Mg, Na, K, P e Cu, foi utilizada a digestão pelo método 3050 postulado pela USEPA (2008).

Procedeu-se também o cálculo do índice de poluição (IP), calculado por meio da razão entre a concentração do metal na amostra de solo coletada na área de estudo e a concentração de referência do metal pesado estabelecido por Lima et al. (2018) para a região.

A análise estatística foi realizada através de análises de componentes principais (ACP) utilizando o programa Statistics; a análise estatística descritiva foi obtida através do software Microsoft Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição Química Geral do Solo, Planta e Insumos Observou-se baixos valores de pH (média = 5,2), sendo que, aproximadamente 47,9% do total de amostras analisadas demonstraram alta limitação ao cultivo das plantas (pH 4,4 a 5,3). A saturação por bases (V%) no geral se mostrou baixa na área estudada (média = 45,1%) e cerca de 46,5% das amostras foram classificadas como solos eutróficos (V ≥ 50%). Para a couve-comum, é recomendado V% ≥80% (Trani et al., 2014). (**Tabela 1**).

Os teores de P e K obtidos a partir da extração com Mehlich se mostraram elevados. De modo geral, 70,5% do total de amostras estão incluídas na classe muito alta (>30 mg $Kg^{-1}$) considerando-se o P. Para o K, 70,0% das amostras foram classificadas com teores altos (de 91 mg $Kg^{-1}$ a 135 mg $Kg^{-1}$) e muito altos (> 135 mg Kg-1) (Freire et al., 2013) (**Tabela 1**). Estes resultados demonstram um uso excedente de adubos minerais e orgânicos contendo P e K em sua constituição.

Nas folhas, os teores médios para os macronutrientes P, K, Ca e Mg encontram-se acima dos considerados adequados para couve-comum (Trani et al., 2014).

No solo, o teor médio de Cu está dentro do valor de referência estabelecido por Lima et al. (2018), porém 37,5% das amostras estavam acima do teor da referência estabelecida para a região (acima de 16 mg $Kg^{-1}$) (**Tabela 1**). Tais resultados, indicam um possível enriquecimento do solo por este metal.

Nas folhas, observou-se também que os teores médios, em base seca, estão na faixa adequada de acordo com Ross (1994), porém ressalta-se que os valores máximos estão fora da faixa considerada tóxica. Esses resultados demonstram, portanto, um cenário de contaminação das plantas, o que pode estar relacionado a aplicação excessiva de insumos nas lavouras amostradas. Diante disso, procedeu-se a caracterização química dos principais insumos utilizados no fornecimento de nutrientes às plantas de couve-comum (**Tabela 2**).

Nos fertilizantes fosfatados (FP) e cama de ave (CA) observou-se as maiores concentrações de Cu e, principalmente, de Ca e Mg. Os fertilizantes potássicos (FK) também apresentam contaminação por Cu, porém em menor proporção (Tabela 2). Já os fertilizantes nitrogenados apresentaram teores muito baixos para esse metal e os seus resultados foram desprezados.

Fonte de Transferência para as Plantas

A Figura 1 mostra a análise de componentes principais com as relações entre os atributos do solo e as concentrações de Cu no solo (IP e biodisponível) e nas plantas (concentração nas folhas e total acumulado), a fim de permitir a identificação dos principais fatores responsáveis pela transferência de metais pesados do solo para as plantas de couve.

O CuIP apresentou na CP1 uma relação estreita e positiva com P assimilável e Ca e, na CP2, uma relação inversa com a declividade e carbono orgânico. Isso indica que as áreas com menor declividade apresentam maiores valores de IP para esse metal. Já os teores de Cu biodisponíveis (Cubio), nas folhas (Cu-folha) e acumulados nas plantas de couve (Cu-planta), apresentaram uma relação positiva com o P assimilável, indicando, possivelmente, uma contribuição dos adubos fosfatados solúveis.

Esses resultados para o Cu sugerem uma relação entre fontes prontamente disponíveis de K e P aplicadas ao solo e os teores de Cu no solo e nas plantas de couve. Conforme discutido, anteriormente, os teores de K trocável e P assimilável no solo, teor de K e P nas folhas e total acumulado nas plantas de couve (Tabela 1) encontram-se elevados, demonstrando que a quantidade aplicada desses macronutrientes é superior as necessidades das plantas de couve. As principais fontes de K e P aplicadas ao solo foram os adubos potássicos solúveis em água e a cama de ave (Tabela 2) que apresentam na sua composição Cu, indicando a relevância da aplicação desses insumos na acumulação desse metal no solo e nas plantas de couve.

Outro fator importante é a influência do relevo no arraste de partículas de solo e insumos em áreas de montanha (Franco et al., 2020). Essa dinâmica tem o relevo como fator relevante de enriquecimento das áreas de menor declividade, ao favorecer o transporte de solo, resíduos de agroquímicos e adubos orgânicos. Todo esse processo é potencializado pelas práticas inadequadas de preparo de solo.

## CONCLUSÕES

Os principais fatores de contribuição para o enriquecimento dos teores de Cu no solo foram a declividade do terreno, o uso intensivo de fertilizantes minerais e orgânico.

As relações obtidas com os atributos de solo, sugerem a contribuição dos adubos fosfatados e potássicos solúveis e da cama de aviário na acumulação de metais pesados no solo e em plantas de couve-comum.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPERJ e a UFRRJ.

## REFERÊNCIAS

ALI H, KHAN H, ILAHI, I. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. Journal of Chemistry. p.14. 2019. Doi: https://doi.org/10.1155/2019/6730305

AMARAL SOBRINHO N M B, COSTA L M, OLIVEIRA C, VELLOSO A C X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. R. Bras. Ci. Solo, v.16, p.271-276. 1992.

CHEN T, LIU X, LI X, ZHAO K, ZHANG J, XU J. Heavy metal sources identification and sampling uncertainty analysis in a field-scale vegetable soil of Hangzhou, China, Environ. Pollut., V. 157,

p. 1003-1010, 2009. Doi: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.10.011

FAO/WHO. Soil Pollution: a hidden reality. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Joint FAO/ WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, 2018.

FRANCO T F, LIMA E S A, AMARAL SOBRINHO N M B, CARMO M G F, BREDA F A F. Enrichment and bioavailability of toxic elements in intensive vegetable production areas. Rev. Caatinga, v.33 n.1 2020. Doi: https://doi.org/10.1590/198321252020v33n114rc

KHAN S, CAO Q, ZHENG Y M, HUANG Y Z, ZHU Y G. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. Environmental pollution, v.152, n.3, p.686-692. 2008.

LIMA E S A, MATOS T S, PINHEIRO H S K, GUIMARÃES L D D. AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Soil heavy metal content on the hillslope region of Rio de Janeiro, Brazil: reference values. Environmental monitoring and assessment, v.190, n.6, p.364. 2018.

LUO X S, YU S, ZHU Y G, LI X D. Trace metal contamination in urban soils of China. Science of the Total Environment, v. 421, p. 17-30. 2012.

MARKOVSKA Y K, GORINOVA N I, NEDKOVSKA M P, MITEVA K M. Cadmium-induced oxidative damage and antioxidant responses in Brassica juncea plants. - Biol. Plant. 53: 151-154, 2009.

MENG W, WANG Z, HU B, WANG Z, LI H, GOODMAN R C. Heavy metals in soil and plants after long-term sewage irrigation at Tianjin China: A case study assessment. v.171, p.153-161. 2016.

ROSS S M. Toxic metal in soil-plant systems. Wiley Chichester, United Kingdom. 1994.

TEIXEIRA PC, DONAGEMMA G K, FONTANA A, TEIXEIRA W G. Manual de Métodos de Análise de Solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. 3ª Ed. Brasília, DF: Embrapa. 574 p. 2017.

TRANI PE, BLAT SF, PRELA-PANTANO A, TIVELLI S W. Couve de Folha (Brassica oleraceae L. var. acephala). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7.ed. rev. atual. p.159-161. (Boletim 200). 2014.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Acid extraction of sediments, sludges, and soils. EPA method 3050. 14p. 2008.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Acid digestion of sediments, sludges, and soils. EPA method 3050B. 12p. 1996.

ZHONGMIN M, LI S Y, WANG L. Assessment of soil heavy metals for eco-environment and human health in a rapidly urbanization area of the upper Yangtze Basin. Scientific Reports, v.8. 2018.

**Tabela 1.** Médias gerais dos atributos químicos do solo e teores de nutrientes nas folhas de plantas de couve-comum

| Atributos | Elementos no Solo | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
| pH (em água) | 5,2 | 0,3 | 4,4 | 5,8 |
| Ca ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 3,4 | 1,3 | 1,2 | 6,6 |
| Mg ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 2,5 | 0,9 | 0,7 | 5,1 |
| Na ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 |
| Al ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
| H+Al ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 9,5 | 2,6 | 4,6 | 15,0 |
| SB ( $cmol_c\ dm^{-3}$) | 7,5 | 1,8 | 3,9 | 11,8 |
| CTC ( $Cmol_c\ dm^{-3}$) | 17,0 | 2,6 | 11,8 | 22,5 |
| V (%) | 45,1 | 10,5 | 25,8 | 71,2 |
| Corg (%) | 1,5 | 0,9 | 0,4 | 3,8 |
| P (mg $Kg^{-1}$) | 52,7 | 49,2 | 2,0 | 244,3 |
| K (mg $Kg^{-1}$) | 553,1 | 196,7 | 283,6 | 1044,0 |
| Cu Pseudototal (mg $kg^{-1}$) | 15,1 | 6,6 | 5,3 | 22,1 |
| Cu biodisponivel | 0,03 | 0,01 | 0,0 | 0,04 |
| CuIP | 0,56 | 0,3 | 0,1 | 0,85 |
| | Elementos na Planta (Folhas)[a] | | | |
| Mg (mg $Kg^{-1}$) | 7931,3 | 2874,0 | 3611,2 | 16600,4 |
| Ca (mg $Kg^{-1}$) | 57159,3 | 25647,7 | 15366,2 | 127380,0 |
| P (mg $Kg^{-1}$) | 8875,9 | 1859,0 | 4462,9 | 13935,2 |
| K (mg $Kg^{-1}$) | 45924,0 | 11980,0 | 23600,0 | 87767,0 |
| Cu ( mg $Kg^{-1}$) | 8,75 | 6,2 | 5,6 | 15,8 |
| Cu acum. (mg $Kg^{-1}$) | 2,8 | 12,4 | 0,01 | 85,8 |

[a] Valores expressos em base seca

**Tabela 2.** Teores médios de Cu e de macronutrientes nos principais insumos utilizados na adubação das plantas de couve-comum.

| Insumo | Cu | Ca | Mg | Na | P | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ---------- g $Kg^{-1}$ ---------- | | | | | |
| CA | 175,1 | 41,24 | 3,15 | 4,33 | 5,72 | 17,75 |
| FP | 48,3 | 204,63 | 1,55 | 1,23 | 90 | 0,64 |
| FK | 0,36 | 29,06 | 0,75 | 6,02 | 2,76 | 498 |

Legenda: CA: Cama de Aviário; FP: Fertilizante Fosfatado; FK: Fertilizante Potássico.

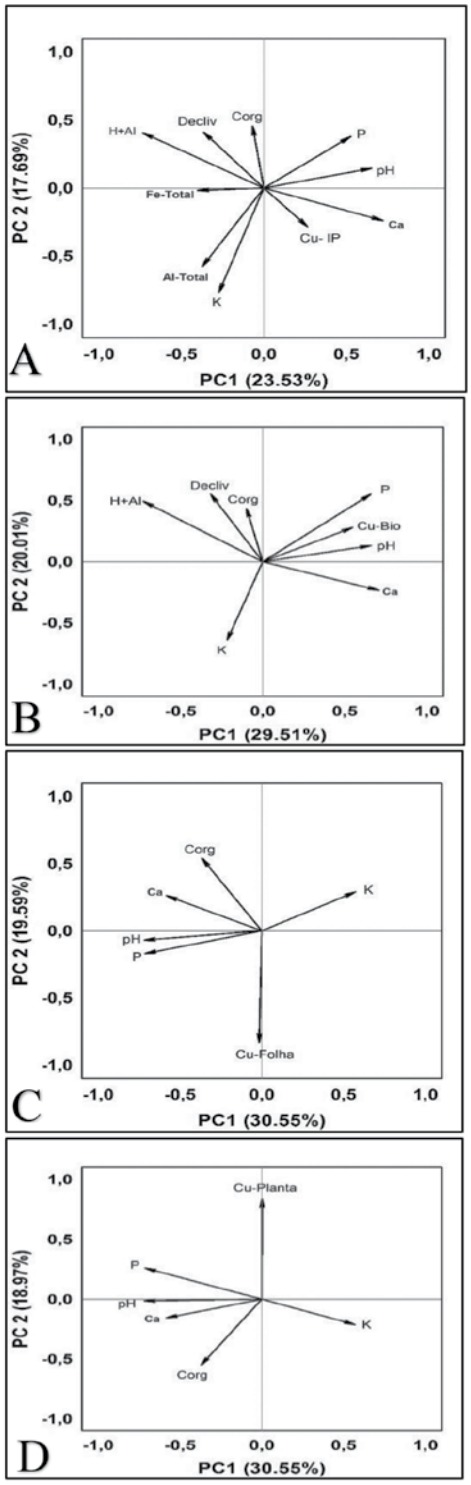



**Figura 1.** Análise de componentes principais entre os atributos do solo e os índices de poluição de Cobre (A); teores biodisponíveis de Cu (B); concentração de Cu na folha (C); concentração total de Cu acumulada (D) em planta de couve-comum. Legendas: *IP: índice de poluição; Bio: teor biodisponível; T: teor total.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Formas de Potássio no Solo em um Sistema Integrado de Produção Soja-Ovinos de Corte

João Pedro Moro Flores[1]; Lucas Aquino Alves[1]; Dionata Filippi[2]; Bruno Paulus Scheffer[2]; Gustavo Pesini[2]; Edson Campanhola Bortoluzzi[3]; Tales Tiecher[4]

[1] Doutorando em Ciência do Solo – UFRGS, Porto Alegre-RS, m.fjoaopedro@gmail.com. [2] Acadêmico de Agronomia – UFRGS, Porto Alegre-RS; [3] Laboratório de Uso da Terra e Recursos Naturais – UPF, Passo Fundo-RS; [4] Professor do Departamento de Solos – UFRGS, Porto Alegre-RS.

## INTRODUÇÃO

O potássio (K) no solo pode ser encontrado em três formas: na solução do solo na forma iônica ($K^+$), fazendo parte da estrutura de alguns minerais, e adsorvido em grupos funcionais das partículas de solo com variado grau de energia ou disponibilidade para as plantas (TIECHER & RHEINHEIMER, 2020). Com objetivo de estimar a disponibilidade de K para as plantas, é comum utilizar extratores que fazem troca com o K adsorvido com baixa energia no solo, e por isso, o teor extraído com métodos como o Mehlich-1 e acetato de amônio é chamado de "K trocável". O K retido com maior energia pelo solo, que não é extraído por esses métodos de rotina, mas que pode contribuir para a nutrição das plantas, é então chamado de "K não trocável" (MEDEIROS et al., 2014). Para acessar esse K é necessário utilizar extratores mais fortes, tais como o tetrafenilborato de sódio (BRITKE et al., 2012). O restante do K presente no solo é comumente chamado e K estrutural, com baixíssima disponibilidade para as planas.

Solos subtropicais possuem grandes reservas de K não trocável que estão retidos com alta energia nas entrecamadas dos argilominerais 2:1 (MORTELE et al., 2019), mas que podem se tornar disponível para as plantas. A absorção de K pelas plantas faz com que o K da entrecamada se difunda até a solução, intensificando o intemperismo do mineral. Por isso, as formas não trocável e estrutural são consideradas reserva de K de médio e longo prazo para a nutrição das plantas (KAMINSKI et al., 2007). Muitas vezes essa porção do nutriente é negligenciada, recebendo pouca atenção em estudos de fertilidade do solo. Por outro lado, quando a adubação potássica é maior que a necessidade da planta, parte do K adicionado via fertilizante pode ser fixado na entrecamada desses minerais 2:1 (PAOLA et al. 2016). Como esse K não é acessado pelos extratores convencionais utilizados em análise de rotina, a dificuldade de aumentar os níveis de K em alguns solos é muitas vezes erroneamente interpretada como fruto da perda de K por lixiviação.

O atual modelo de produção de soja no sul do Brasil consiste na utilização do plantio direto (PD) para produção de grãos no verão, e no período hibernal a maior parte das áreas permanece com plantas de cobertura de alto potencial forrageiro ou em pousio (MORAES et al., 2014). Estudos tem demonstrado também que é possível aumentar ainda mais a eficiência de uso de K quando utilizamos o PD combinado com Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), que alterna, na mesma área, a produção de forrageiras sob pastejo animal e a produção de grãos. Nos SIPA, as plantas forrageiras pastejadas assumem papel fundamental na ciclagem e redistribuição de nutrientes no perfil do solo, aumentando sua disponibilidade para a cultura sucessora. Além disso, considerando que o animal é o componente reciclador de nutrientes do sistema, e a exportação de nutrientes é governada pela fase lavoura (ALVES et al., 2019), a antecipação da adubação potássica para a fase pastagem, chamada adubação de sistemas, pode ser uma alternativa em sistemas que possuem teores de K acima do nível crítico, permitindo respostas positivas da pastagem à adubação no período hibernal.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi quantificar e avaliar as formas de K no solo sobre o efeito de diferentes sistemas de produção de sojaovinos de corte, envolvendo o efeito de diferentes estratégias de adubação e do pastejo animal no período hibernal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental está sendo conduzido na região ecoclimática da depressão central do Rio Grande do Sul, conduzido desde o ano 2017 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, localizada no município de Eldorado do Sul-RS, em uma área de aproximadamente 4,8 hectares. O solo é caracterizado como Plintossolo Argilúvico (STRECK et al., 2018). As propriedades químicas do solo no momento da instalação do experimento foram: carbono orgânico total de 1,7%; pH de 3,9; P e K disponível de 94 e 77 mg $dm^{-3}$ respectivamente.

### Descrição dos sistemas de cultivo

O experimento fatorial testa efeito do pastejo [com pastejo (CP) e sem pastejo (SP)], e a época da adubação com P e K [adubação na lavoura, na soja (AC) ou de sistema, no azevém (AS)]. O experimento possui quatro sistemas de produção, sendo: (SP-AC) cultivo de soja no período de verão com adubação de P e K na cultura e azevém sem pastejo no período de inverno; (CP-AC) cultivo de soja no período de verão com adubação de P e K na cultura e azevém com pastejo de ovinos no período de inverno; (SP-AS) cultivo de soja no período de verão e azevém sem pastejo no período de inverno com adubação de P e K na pastagem; (CP-AS) cultivo de soja no período de verão e azevém com pastejo de ovinos no período de inverno com adubação de P e K na pastagem.

### Coletas de solo e análises

As coletas de solo foram realizadas no mês de outubro de 2018 e janeiro de 2019. As camadas utilizadas foram de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Para a quantificação do K trocável, foi utilizado o extrator Mehlich-1. O teor de K não trocável foi estimado com a diferença entre o extraído com tetrafenilborato de sódio (NaTPB) com 16 horas de extração e o K trocável, conforme proposto por Cox et al. (1996). A determinação do teor de K nesses extratos foi feita usando espectrofotometria de emissão de chama. O teor de K total foi estimado por espectroscopia de fluorescência de raios-X (FRX), enquanto que o K estrutural foi estimado pela diferença entre o K total e o extraído por NaTPB.

A composição mineralógica da fração argila do solo foi determinada por difratometria de raiosX (DRX). Os minerais foram identificados de acordo com Brown e Brindley (1980).

### Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variáveis). Posteriormente foram submetidos à análise da variância e quando o teste F foi significativo a $p<0,05$, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de $p<0,05$.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de K no solo trocável extraído por Mehlich-1 não foi sensível em detectar a adição de fertilizante potássico, mesmo que a coleta de solo ocorreu após 96 dias da aplicação de 58 kg $ha^{-1}$ de K na forma de KCl nos tratamentos com e sem pastejo com adubação de sistema (SP-AS e CPAS). A avaliação isolada do teor de K extraído com Mehlich-1 poderia ser interpretada como absorção total e extremamente rápida do K adicionado pela pastagem (o que é pouco provável), ou como perda do elemento do sistema, especialmente por lixiviação, uma vez que se trata de um solo arenoso com apenas 15% de argila. Contudo, as perdas de K por lixiviação no solo são desprezíveis no Sul do Brasil, mesmo em solos arenosos como o do presente estudo. Por exemplo, o monitoramento de cinco anos de perdas de K em um Argissolo com 17% de argila, com declividade de apenas 4%, demonstrou que somente 0,5% do total do K aplicado foi perdido por lixiviação (abaixo de 60 cm de profundidade) (GIROTTO et al., 2013) enquanto que as perdas por escoamento superficial variaram entre 9 a 17% do total de K aplicado (CERETTA et al., 2010).

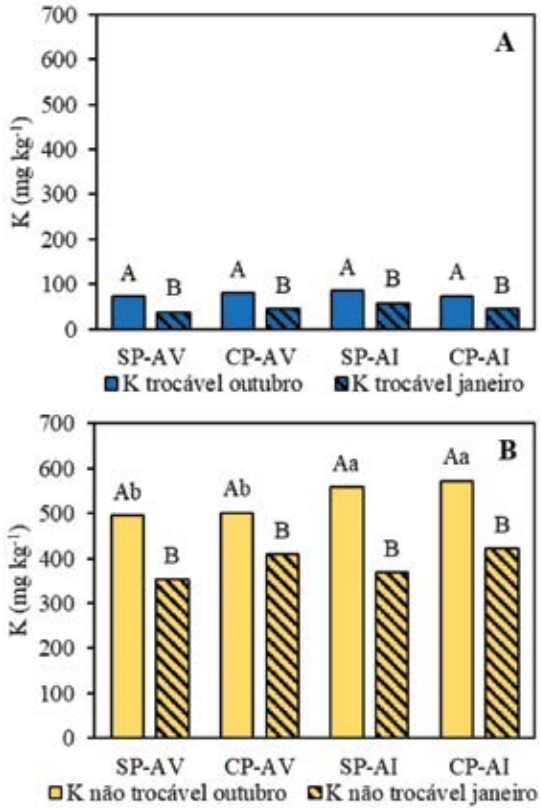
O que se observa em solos com minerais 2:1 é a passagem do K aplicado para formas inacessíveis com extratores convencionais, mas que são detectados utilizando extratores mais fortes como o NaTPB. No solo do estudo, a anisotropia da reflexão hkl 001 da caulinita para ângulos menores sugere a presença de interestratificados mica-caulinita, bem como a possível ocorrência de argilominerais 2:1, esses últimos importantes fontes de K no solo.

O pastejo animal não propiciou alterações nas formas de K no solo. Por outro lado, os resultados demonstram que a fração de K não trocável foi sensível em detectar efeitos da época da adubação nos diferentes sistemas.

Os tratamentos SP-AS e CP-AS, que possuem adubação de K no inverno (adubação de sistemas) apresentaram os maiores valores de K não trocável na primeira coleta de solo (**Figura 1**). Essa diferença pode ser explicada pela época de coleta das amostras de solo em relação à época de adubação do experimento. Possivelmente o K adicionado pode ter sido aprisionado nas entrecamadas dos argilominerais 2:1 presentes no solo, comprovando esse fato com a segunda coleta de solo no mês de janeiro de 2020, no pleno desenvolvimento da cultura da soja. Devido aos altos níveis de K na solução e no complexo de troca do solo, o K remanescente deste complexo, sofre migração para as entrecamadas dos argilominerais 2:1, ao qual se torna parcialmente ou potencialmente disponível às plantas a médio e longo prazo (MEURER et al, 2018), reduzindo também o potencial de perdas do nutriente para o sistema. Em trabalhos envolvendo a presença e ausência da adubação potássica em solos do sul do Brasil, Steiner et al. (2018) também identificaram aumentos significativos de K não trocável apenas 45 dias após a adubação, sendo esse liberado em igual ou maior proporção durante o processo de absorção de nutrientes e desenvolvimento das culturas. Da mesma forma,

Paola et al. (2016) concluíram que a liberação e posterior adsorção de K pelos argilominerais do solo é rápida. Esses autores verificaram que 40 dias após a semeadura da cultura já é possível inclusive observar modificações na mineralogia da fração argila do solo.

Mesmo após dois anos de cultivo com aportes externos de K via adubação em diferentes épocas do ano, o K total e estrutural não sofreu alteração nos sistemas avaliados. Isso pode ter ocorrido porque uma pequena diferença de K aplicado via fertilizantes não é suficiente para ser detectado via FRX (MORTELE et al., 2016).



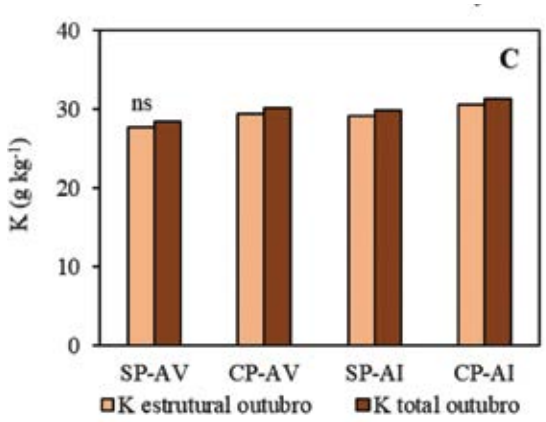




**Figura 1.** Teor de K extraído com Mehlich-1 ("K trocável") (A), tetrafenil borato de Na ("não trocável") (B), K total estimado com FRX ("K total") e diferença entre K total e K não trocável ("K estrutural") (C) em um sistema integrado de produção soja-ovinos de corte no sul do Brasil.

## CONCLUSÕES

A forma não trocável de K, foi mais sensível que o K trocável para detectar a variação decorrente da quantidade de aplicação de K via fertilizantes nesse Plintossolo com presença de argilominerais 2:1. O pastejo animal não alterou as formas de K no solo. Porém, a antecipação da adubação da soja no estabelecimento da pastagem de inverno (adubação de sistemas) resultou em acúmulo momentâneo de K na forma não trocável no solo, podendo reduzir o potencial de perdas do nutriente para o sistema até o desenvolvimento pleno da cultura de verão.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores gostariam de agradecer a CAPES pelo apoio financeiro e suporte na pesquisa.

## REFERÊNCIAS


Alves LA, Denardin LG, Martins AP, Anghinoni I, Carvalho PCF, Tiecher T. Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. Geoderma 351, p.197-208. 2019.

Britzke D. et al. A study of potassium dynamics and mineralogy in soils from subtropical Brasilian lowlands. Journal of Soils and Sediments, Landsberg, v. 12, p. 185–197, 2012.

Brown G, Brindley GW. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: Brindley, G.W., Brown, G. (Eds.), Crystal Structures of Clays Minerals and their X-ray Identification. Mineralogical Society, London, pp. 305–360, 1980.

Ceretta CA, Girotto E, Lourenzi CR, Trentin G, Vieira RCB, Brunetto G. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. Agriculture, Ecosystems and Environment, 139:689–699. 2010.

Cox AE, Joern BC, Roth CB. Non exchangeable ammonium and potassium determination in soils with a modified sodium tetraphenylboron method. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 60, n. 1, p. 114- 120, 1996.

Girotto, E.; Ceretta, C. A.; Lourenzi, C. R.; Lorensini, F.; Tiecher, T. L.; Vieira, R. C. B.; Trentin, G.; Basso, C. J.; Miotto, A.; Brunetto, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. Nutrient Cycling Agroecosystem, 95:115–131. 2013.

Kaminski J, Brunetto G, Moterle DF, Rheinheimer DS. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. RBCS, v. 31, p. 1003-1010. 2007.

Medeiros JS. et al. Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 417-426, 2014.

Meurer EJ, Tiecher T, Mattiello L, Potássio. In: Nutrição mineral de plantas. FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. 2.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.429-464. 2018.

Moraes A, Carvalho PCF, Anghinoni I, Lustosa SBC, Costa SEVGA, Kunrath TR. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. Europ. J. Agronomy 57, 2014.

Mortele DF. et al. Impact of potassium fertilization and potassium uptake by plants on soil clay mineral assemblage in South Brazil. Plant Soil, The Hague, v. 406, p. 157–172, 2016.

Mortele DF. et al. Does ferralsol clay mineralogy maintain potassium long-term supply to plants? Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 43, [art.] e0180166, 2019.

Paola A. et al. Short term clay mineral release and recapture of potassium in a Zea mays field experiment. Geoderma, Amsterdam, v. 264, p. 54-60, 2016.

Steiner F, Lana MC. Contribution of non-exchangeable K in soils from Southern Brazil under potassium fertilization and successive cropping. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 49, n. 4, p. 547-557, 2018.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Giasson E, Pinto LFS. Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre 251 p, 2018.

Tiecher T, Rheinheimer SD. Ciclo biogeoquímico do potássio. *In press*, 2020.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Fracionamento de Cu em solos de vinhedos com diferentes tempos de condução, em Bento Goncalves, RS

Guilherme Wilbert Ferreira[1]; Samya Uchôa Bordallo[2]; Isanúbia Ribeiro Souza[3]; Gustavo Brunetto[4]; Arcângelo Loss[5]; Cledimar Rogério Lourenzi[6]

[1]Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PPGA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis-SC, 88034-100, guilhermewferreira@hotmail.com; [2]Doutorando do PPGA, UFSC; [3]Graduanda do curso de Zootecnia, UFSC; [4]Professor Associado I, Universidade Federal de Santa Maria; [5]Professor Associado I, UFSC; [6]Professor Adjunto 2, UFSC.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de videiras a campo em regiões com precipitações frequentes demanda o uso de fungicidas para o controle das doenças fúngicas (TONIETTO, 2007; JERMINI et al., 2010). Alguns dos principais fungicidas utilizados na viticultura, como a calda bordalesa, possuem em sua composição elementos metálicos como cobre (Cu). Este fungicida é aplicado várias vezes durante um único ciclo de produção e ao longo dos anos, devido às precipitações, esse produto acaba sendo transportado para a superfície do solo e, com o tempo, causa o aumento dos teores de Cu nos solos de vinhedos (BRUNETTO et al., 2014; COUTO et al., 2015).

Diversos estudos sobre a dinâmica do Cu em solos cultivados com vinhedos têm sido realizados ao redor do mundo, os quais tem constatado o aumento da concentração desse metal pesado nesses solos (BRUNETTO et al., 2014; CAMBROLLÉ et al., 2015; TIECHER et al., 2017). O Cu é um metal pesado adsorvido por ligações físico-químicas cuja labilidade é dependente do ligante, como do conteúdo de minerais, óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn, carbonatos e matéria orgânica (BRADL, 2004), do valor de pH do solo (CHAIGNON & HINSINGER, 2003), da capacidade de troca de cátions (CTC) e da composição da matéria orgânica do solo (FERNÁNDEZ-CALVIÑO et al., 2010).

As aplicações frequentes de fungicidas que contém Cu em sua composição aumentam o seu teor no solo e podem modificar a distribuição das suas frações, sendo que aquelas mais lábeis podem potencializar a toxidez às plantas (NAGAJYOTI et al., 2010; BRUNETTO et al., 2017). Além disso, esse aumento da labilidade desse elemento também pode aumentar suas transferências pela solução escoada na superfície do solo (FERNÁNDEZCALVIÑO et al., 2012).

Uma alternativa para diminuir os efeitos dos metais pesados em áreas de vinhedos é a adição de material orgânico ao solo. Esse aporte promove o aumento da matéria orgânica do solo (MOS) que, por apresentar muitos grupos funcionais, complexa grande quantidade de metais pesados (STEVENSON, 1994). Uma alternativa, é o uso de plantas de cobertura nas entrelinhas de plantio.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a distribuições das frações de Cu através

de extrações sequenciais, em solos com diferentes tempos de condução e manejo, na região Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização dos locais de estudo e coleta de amostras de solo

Para a realização deste estudo foram selecionadas áreas de vinhedos na região da Serra Gaúcha (município de Bento Gonçalves), no estado do Rio grande do Sul. A região da Serra Gaúcha está localizada a uma altitude de 600 a 800 m, apresentando médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar de 1.700 mm, 17,2ºC e 76%, respectivamente (EMBRAPA, 2014).

Na região de estudo foram selecionadas três áreas de vinhedos, sendo uma área de vinhedo novo (VN), com um pequeno histórico de cultivo, uma área com médio histórico de cultivo (VM) e uma área com longo histórico de cultivo (VL), além de uma área de mata adjacente aos vinhedos, que será utilizada como referência às condições naturais do solo.

As três áreas de vinhedos são cultivadas com a cultivar Isabel (*Vitis labrusca* L.), plantadas em péfranco, em sistema de condução latada. Os principais fungicidas utilizados nas áreas são: delan, captan, folpan, manzate, curzate. Em média, são feitas 16 aplicações por ano desses produtos. Ainda, anualmente são realizadas 3 aplicações de calda bordalesa. Há 5 anos (até o momento da coleta) que não é realizada nenhuma aplicação de fertilizantes nos vinhedos coletados.

Nas áreas selecionadas foram coletadas amostras de solo em julho de 2017, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, com auxílio de uma pá de corte, enxadão, espátula e trado holandês, compondo 3 repetições em cada local de amostragem. Nas áreas VN e VM o solo foi coletado nas linhas de plantio, onde não são cultivadas plantas de cobertura. Já no VL, foram coletadas amostras de solo nas linhas e entrelinhas (VLE) de plantio. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, etiquetadas e transportadas para o Laboratório de Solo, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA, foi realizada a análise de fracionamento químico de Cu, por meio do método proposto por Tessier et al. (1979). Desse modo, foram determinadas: a 1) fração solúvel, extraída com água deionizada (8 mL), 2) fração trocável, ligada as cargas negativas do solo, e extraída com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) 1,0 mol L-1 a pH 7,0 (8 mL), 3) fração ligada aos argilominerais, extraída com cloridrato de hidroxilamina ($NH_2OHHCl$) 0,04 mol L-1 em ácido acético 25 % (v/v) a pH 2,0 (20 mL), 4) fração ligada à matéria orgânica, extraídos com ácido nítrico ($HNO_3$) 0,02 mol L-1 (3mL) + peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) a 30 % (8 mL) + acetato de amônio ($NH_4OAc$) em $HNO_3$ 20% (v/v) (5 mL), e 5) fração residual, obtida por digestão com ácido fluorídrico (HF) concentrado + ácido perclórico ($HClO_4$) . O teor total de Cu foi analisado em 1,0 g de solo não fracionado, através da mesma extração realizada para determinação do teor residual.

### Análise estatística

Os dados do fracionamento químico do Cu foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito no item material e métodos. As médias foram comparadas por meio do teste de "Skott-Knott ($P<0,05$)".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de Cu e Zn foram observados nos vinhedos VN, VM VL e VLE, quando

comparados à área de mata, para todas as frações avaliadas e para o teor total (Tabela 1). Os maiores teores de Cu das frações trocável e ligada a matéria orgânica nas áreas de vinhedos indicam que o uso de produtos a base de Cu faz com que o metal de acumule em uma fração biodisponível e potencialmente biodisponível (TESSIER et al., 1979). Esse resultado corrobora com os encontrados por Cassali et al. (2008). O aumento da fração de Cu ligado a matéria orgânica se dá em função da configuração eletrônica do elemento, que confere alta reatividade com os grupos funcionais da MOS (CROUÉ et al., 2003).

O aumento em profundidade dos teores de Cu (VM, VL e VLE) pode se dar em função da saturação dos grupos funcionais da MOS (CROUÉ et al., 2003), visto o aumento dos teores em profundidade, quando comparados a área de mata (Tabela 1). O Cu também pode se ligar aos grupos funcionais de óxidos de Fe e até Mn ou filossicatos (BRADL, 2004). Isto explica o aumento dos teores de Cu na fração mineral em todas as camadas avaliadas, quando comparadas as áreas de mata (Tabela 1).

Os maiores teores de Cu total foram observados no VL, especialmente no solo coletado nas entrelinhas de plantio, onde são cultivadas plantas de cobertura. Isso se deve ao maior tempo de condução do vinhedo, e consequentemente, do maior número de aplicações de produtos a base de Cu para combate das doenças fúngicas.

## CONCLUSÕES

Quanto maior o tempo de cultivo do vinhedo, maior é acúmulo de Cu ao longo do perfil de solo, especialmente nas frações ligada à matéria orgânica.

O tempo de cultivo afetou o acúmulo de Cu em todas as frações, evidenciando o potencial contaminante/poluente desse elemento ao longo do tempo nessas áreas.

**AGRADECIMENTOS:** À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de doutorado ao 1º autor.

## REFERÊNCIAS

Bradl HB. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. Colloid and Interface Science. 2004;277:1-18.

Brunetto G, Miotto A, Ceretta CA, Schmitt DE, Heinzen J, Moraes, MP de, Canton L, Tiecher TL, Comin JJ, Girotto E. Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. Archives of Agronomy and Soil Science. 2014; 60(5):609-624.

Cambrollé J, García JL, Figueroa ME, Cantos M. Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. Chemosphere. 2015;120:171-178.

Casali CA, Moterle DF, Rheinheimer DS, Brunetto G, Corcini ALM, Kaminski J, Melo GWB. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008;32:1479-1487.

Chaignon V, Hinsinger P. A biotest for evaluating copper bioavailability to plants in a contaminated soil. J. Environ. Qual. 2003;32:824-833.

Couto RR, Benedet L, Comin JJ, Belli Filho P, Martins SR, Gatiboni LC, Radetski M., Valois CM de; Ambrosini VG, Brunetto G. Accumulation of copper and zinc fractions in vineyard soil in the midwestern region of Santa Catarina, Brazil. Environmental Earth Sciences. 2015;73(10):6379-6386.

Croué JP, Benedetti MF, Violleau D, Leenheer JA. Characterization and copper binding of humic and nonhumic organic matter isolated from the south platte river: Evidence for the presence of

nitrogenous binding site. Environmental Science & Technology. 2003;37:328- 336.

Fernández-Calviño D, Soler-Rovira P, Polo A, AriasEstévez M, Plaza C. Influence of humified organic matter on copper behavior in acid polluted soils. Environmental Pollution. 2010;158:3634-3641.

Jermini M, Blaise P, Gessler C. Quantification of the influence of the downy mildew (Plasmopara viticola) epidemics on the compensatory capacities of Vitis vinifera 'Merlot' to limit the qualitative yield damage. Vitis. 2010;49(4):153-160.

Stevenson FJ. Humus Chemistry, Genesis, Composition and Reactions. W.J. Riley and Sons, New York, NY. 1994. 496p.

Tessier A, Campbell PGC, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of the speciation of particulate trace metals. Analytical Chemistry. 1979;51:844-851.

Tiecher TL, Tiecher T, Ceretta CA, Ferreira PA, Nicoloso FT, Soriani HH, De Conti L, Kulmann MSS, Schneider RO, Brunetto G. Tolerance and translocation of heavy metals in younger grapevine (Vitis vinifera) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. Scientia Horticulturae. 2017;222:203-2012.

Tonietto J. Evaluación climática global de las zonas vitícolas. Revista Enología. 2007;4(2):24-35, 2007.

Tabela 1. Frações de Cu em áreas de vinhedo com diferentes históricos de condução, em comparação com uma área de mata, em Bento Gonçalves, RS.

| Camada (m) | M | VN | VM | VL | VLE | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Cobre (mg kg$^{-1}$) | | | |
| | | | Fração solúvel | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,32 nsE | 0,54 cD | 0,96 bC | 2,40 aB | 2,60 aA | 6,64 |
| 0,05 - 0,10 | 0,26 E | 1,26 aC | 2,32 aA | 0,77 cD | 2,04 bB | 9,66 |
| 0,10 - 0,15 | 0,23 D | 1,00 bC | 2,60 aA | 1,88 bB | 1,17 cC | 12,81 |
| 0,15 - 0,20 | 0,25 C | 0,87 bB | 1,09 bA | 0,75 cB | 0,71 dB | 14,99 |
| CV (%) | 17,15 | 11,36 | 13,21 | 6,18 | 6,40 | |
| | | | Fração trocável | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,93 bE | 1,27 aD | 2,09 aC | 3,70 cB | 20,80 aA | 1,68 |
| 0,05 - 0,10 | 0,80 cC | 1,27 aC | 2,05 aC | 8,72 bB | 18,25 bA | 12,01 |
| 0,10 - 0,15 | 0,86 cC | 1,14 bC | 1,73 bC | 21,94 aA | 10,64 cB | 15,66 |
| 0,15 - 0,20 | 1,08 aD | 1,02 cD | 1,72 bC | 5,16 cA | 2,55 dB | 3,92 |
| CV (%) | 8,86 | 4,52 | 3,86 | 12,40 | 6,96 | |
| | | | Fração mineral | | | |
| 0,00 - 0,05 | 3,64 aE | 21,60 bC | 15,76 cD | 508,80 bB | 632,05 aA | 1,40 |
| 0,05 - 0,10 | 2,02 bD | 20,03 bD | 95,87 aC | 290,22 cB | 524,35 bA | 5,66 |
| 0,10 - 0,15 | 1,55 cE | 32,42 aD | 84,24 bC | 544,74 aA | 106,82 cB | 5,94 |
| 0,15 - 0,20 | 1,33 cE | 22,12 bD | 80,21 bB | 150,42 dA | 38,34 dC | 7,01 |
| CV (%) | 7,77 | 4,68 | 4,99 | 2,91 | 3,72 | |
| | | | Fração orgânica | | | |
| 0,00 - 0,05 | 22,21 aE | 78,03 aD | 336,72 aB | 256,17 aC | 800,81 aA | 1,67 |
| 0,05 - 0,10 | 13,98 cD | 81,17 aC | 160,54 bB | 142,72bB | 433,17 bA | 7,69 |
| 0,10 - 0,15 | 14,08 cE | 78,44 aD | 155,97 bB | 101,63 cC | 244,73 cA | 3,87 |
| 0,15 - 0,20 | 17,60 bE | 45,62 bD | 83,15 cC | 94,63 dB | 124,10 dA | 4,44 |
| CV (%) | 2,14 | 7,24 | 1,37 | 2,24 | 3,80 | |
| | | | Fração residual | | | |
| 0,00 - 0,05 | 56,38 aD | 79,05 bD | 160,08 aB | 125,98 nsC | 175,07 aA | 13,29 |
| 0,05 - 0,10 | 51,13 a C | 100,65 aB | 137,90 bA | 96,80 B | 144,23 bA | 6,33 |
| 0,10 - 0,15 | 62,38 aC | 94,93 aB | 129,70 bA | 121,68A | 106,47 cB | 7,50 |
| 0,15 - 0,20 | 57,40 aD | 80,58 bC | 117,35 bA | 106,47A | 94,08 dB | 7,18 |
| CV (%) | 6,79 | 5,86 | 9,37 | 14,77 | 3,17 | |
| | | | Total | | | |
| 0,00 - 0,05 | 107,30 aE | 201,80 cD | 523,40 aC | 1164,80 aB | 1660,00 aA | 1,92 |
| 0,05 - 0,10 | 62,00 cE | 264,40 aD | 545,40 aC | 617,35 bB | 1195,00 bA | 3,82 |
| 0,10 - 0,15 | 89,78 bE | 270,85 aD | 502,00 aB | 981,30 cA | 472,10 cC | 2,62 |
| 0,15 - 0,20 | 112,15 aD | 227,80 bC | 382,43 cA | 384,55 dA | 276,85 dB | 2,92 |
| CV (%) | 3,11 | 3,45 | 3,03 | 1,95 | 2,50 | |

M = mata; VC = vinhedo com curto tempo de condução; VM = vinhedo com médio tempo de condução; VL = vinhedo com longo tempo de condução; VLE = vinhedo com longo tempo de condução com solo coletado nas entrelinhas. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Frações de Cobre em Áreas de Vinhedos com Diferentes Históricos de Cultivo na Campanha Gaúcha

Samya Uchoa Bordallo[1]; Guilherme Wilbert Ferreira[1]; Isanubia Ribeiro Souza[2]; Isley Cristiellem Bicalho da Silva[3]; Gustavo Brunetto[4]; Cledimar Rogério Lourenzi[5]

[1]Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas; Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC, CEP: 88034-000, samyauchoa2000@gmail.com, guilhermewferreira@hotmail.com; [2]Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina, nubiaisaribeiro@gmail.com; [3]Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS, CEP: 97105-900, isleybicalho@yahoo.com.br; [4]Professor; Universidade Federal de Santa Maria, brunetto.gustavo@gmail.com; [5]Professor; Universidade Federal de Santa Catarina, lourenzicr@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de videiras a campo em regiões chuvosas envolve o uso de fungicidas para o controle das doenças fúngicas (JERMINI et al., 2010). Alguns dos principais fungicidas utilizados na viticultura possuem em sua composição elementos metálicos como cobre (Cu), encontrado na calda bordalesa. Estes fungicidas são aplicados várias vezes durante um único ciclo de produção e ao longo dos anos, devido as precipitações que ocorrem nas regiões produtoras. Por isso, o Cu pode acabar depositado na superfície do solo e, com o tempo, ocorre o acúmulo desse metal nas camadas superficiais do solo (BRUNETTO et al., 2014).

O Cu é um elemento-traço adsorvido por ligações físico-químicas de natureza covalente, cuja labilidade é dependente do ligante, como do conteúdo de minerais, óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn, carbonatos e matéria orgânica do solo (MOS) (BRADL, 2004), além do valor de pH do solo (CHAIGNON; HINSINGER, 2003), da capacidade de troca de cátions (CTC) e da composição da MOS (FERNÁNDEZ-CALVIÑO et al., 2010).

Em solos agrícolas, o aumento do teor de Cu ocorre devido à alta afinidade desse metal com grupos funcionais reativos presentes em vários constituintes das fases mineral e orgânica do solo (SCHRAMEL et al., 2000). A quimiosorção de íons metálicos, como o Cu, ocorre preferencialmente na forma de complexos superficiais de esfera interna, ou seja, sem interposição de moléculas de água entre íons e ligantes (SPOSITO, 2008). O Cu tem alta afinidade de ligação aos grupos funcionais da MOS, como o enxofre (S), grupos contendo nitrogênio (N) e grupos carboxílicos e fenólicos (TIECHER et al., 2013).

As aplicações frequentes de fungicidas aumentam o teor de Cu no solo e podem modificar a distribuição das suas frações e aquelas mais lábeis podem potencializar a toxidez às plantas (BRUNETTO et al., 2017). O aumento da labilidade desses elementos também pode aumentar suas transferências pela solução escoada na su-

perfície do solo, atingindo cursos d'água próximos (FERNÁNDEZ-CALVIÑO et al., 2012).

O fracionamento químico remove o Cu das frações mais lábeis até as mais estáveis. Desta forma é possível separar a quantidade total do elemento-traço nos solos ou sedimentos em frações biodisponíveis (solúvel em água e trocável), potencialmente biodisponíveis (ligadas aos argilominerais, óxidos, carbonatos e matéria orgânica) e residual (estrutura dos minerais) (TESSIER et al., 1979).

O objetivo deste estudo foi avaliar as formas de Cu ao longo do perfil do solo em função do histórico de condução de vinhedos na região da Campanha Gaúcha, Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram selecionadas três áreas de vinhedos na região da Campanha Gaúcha, no município de Santana do Livramento (RS), sendo uma área com um curto histórico de cultivo, menor que 15 anos (VC), uma área com médio histórico de cultivo, entre 15 e 30 anos (VM) e uma área com longo histórico de cultivo, maior que 30 anos, separada em linha (VL) e entrelinha (VLE). Além destas, foi selecionada uma área de campo nativo (CN) adjacente aos vinhedos, para ser utilizada como referência às condições naturais do solo da região.

Anualmente, em cada vinhedo, aplica-se aproximadamente 9 kg $ha^{-1}$ de sulfato de cobre e 8 kg $ha^{-1}$ de hidróxido de cobre, resultando na aplicação anual de 8,79 kg Cu $ha^{-1}$.

Nas áreas selecionadas foram coletadas amostras de solo, em julho de 2017, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, etiquetadas e transportadas para o Laboratório de Solo, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

O fracionamento químico de Cu foi realizado de acordo com Tessier et al. (1979), através de extrações sucessivas usando extratores com menor força de extração até maior poder de extração. Assim, em triplicata, foram pesados 1,0 g de solo e aplicou-se os extratores, resultando nas seguintes frações: 1) fração solúvel (CuSol), extraída com 8 ml de água Mill-Q; 2) fração trocável (Cut), ligada às cargas negativas do solo, extraída com 8 ml de solução $MgCl_2$ 1,0 mol $l^{-1}$ a pH 7,0; 3) fração ligada aos argilominerais (CuMin), extraída com 20 ml da solução de $NH_2OHHCl$ 0,04 mol $l^{-1}$ em $CH_3COOH$ 25% (v/v) a pH 2,0; 4) fração ligada à matéria orgânica (CuMO), extraída com 3 ml da Solução de $HNO_3$ 0,02 mol $l^{-1}$ + 8 ml de $H_2O_2$ a 30% corrigido para pH 2,0 com $HNO_3$; e 5) fração residual (CuR), extraída a partir da digestão total com HF e $HClO_4$. O Cu total (CuT) foi determinado em 1,0 g de solo não fracionado, por uma digestão ácida de acordo com o método 3050B (USEPA, 1996).

Após cada extração, as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 30 min e uma alíquota de sobrenadante foi filtrada para determinação do teor de Cu. A determinação do teor de CuSol foi realizada por Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Induzido ICP-AES (Perkin Elmer, Optima 2100 DV) e o teor das demais frações por Espectrometria de Absorção Atômica (EAA).

Os dados do fracionamento químico do Cu, entre as profundidades e cada área de estudo, foram submetidos a um teste de homocedasticidade (Teste do F máximo). As variâncias homogêneas foram comparadas por meio do teste Skott-Knott à significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na **Tabela 1** que a fração CuSol foi maior na camada superficial do solo, diminuindo ao longo do perfil em todas as áreas, com exceção do VM em que houve um aumento do teor de 5 a 20 cm. Os maiores valores foram encontrados em VL até os 20 cm de solo, enquanto que VM apresentou o maior teor na última camada avaliada. Observa-se que na entrelinha (VLE) o teor dessa fração foi menor do que na linha (VL) nos primeiros 20 cm de solo.

Em relação ao Cut, as áreas VM, VL e VLE apresentaram os maiores valores na camada de 5-10 cm, enquanto CN em 10-20 cm. O VL apresentou maior teor nas camadas mais superficiais, diferente de CN, VM e VL que apresentaram incremento em profundidade. Esta fração também se apresentou menor na entrelinha do cultivo (VLE) em comparação a linha (VL).

A fração CuMin foi encontrada em maior quantidade nas camadas superficiais, diminuindo ao longo do perfil do solo, com exceção de CN em que foi maior a 10-20 cm. O mesmo comportamento foi encontrado para a fração CuMO. O VL apresentou os maiores teores de CuMin encontrados até 20 cm de solo, inclusive maior do que em VLE. Enquanto que a fração CuMO foi maior em VM na primeira camada e maior em VL e VLE nas demais camadas.

Observa-se, também, que a fração CuR não apresentou diferença significativa ao longo do perfil do solo em CN, VM e VLE. Em relação as áreas, foi encontrada maior concentração na entrelinha do cultivo (VLE). Por fim, o teor de Cu total foi maior nos primeiros 5 cm de solo, diminuindo até os 40 cm. Os maiores valores foram encontrados em VM e VL, diferente do encontrado em VLE.

As áreas com maior tempo de cultivo apresentaram os maiores valores, que podem ser atribuídos ao uso contínuo e prolongado dos fungicidas à base de Cu, principalmente a calda bordalesa, amplamente utilizada na região Sul do Brasil (MACKIE et al., 2012).

As maiores concentrações das frações de Cu encontradas nos primeiros centímetros de solo, podem ser explicadas pela presença da MOS que apresenta grande reatividade, explicada pela maior proporção de grupos funcionais, como carboxílicos e fenólicos (STEVENSON, 1994). Estes grupos contribuem com a capacidade de troca de cátions e com a complexação de metais. O Cu fica retido nos grupos funcionais, principalmente dos ácidos húmicos e fúlvicos, o que diminui a sua mobilidade e biodisponibilidade no solo (GIROTTO, et al., 2010).

O aumento da biodisponibilidade de Cu nas camadas superficiais, observadas pelos maiores teores de CuSol nas áreas de vinhedos, pode potencializar a toxidez deste elemento para as videiras jovens ou plantas de cobertura utilizadas para proteção do solo (NAGAJYOTI et al., 2010). Isto pode ter ocorrido pela saturação dos grupos funcionais da MOS e dos sítios de adsorção dos argilominerais, observado através do maior acúmulo de Cu nas frações CuMO e CuMin, respectivamente.

O maior acúmulo de Cu na fração residual, principalmente na entrelinha do cultivo (VLE), pode ser explicada pela maior presença de carbono orgânico recalcitrante, materiais inorgânicos amorfos e argilominerais (TESSIER et al., 1979).

## CONCLUSÕES

Ocorre acúmulo de todas as frações de Cu nas camadas superficiais dos solos de vinhedos ao longo do tempo, principalmente na linha de cultivo.

A maior parte do Cu foi distribuído nas frações ligadas aos argilominerais e matéria orgânica, as quais são potencialmente biodisponíveis.

## REFERÊNCIAS


Jermini, M., Blaise P, Gessler, C. Quantification of the influence of the downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on the compensatory capacities of *Vitis vinifera* 'Merlot' to limit the qualitative yield damage. Vitis, v.49, n.4, p.153-160, 2010.

Bradl HB. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. Colloid and Interface Science, v.277, p.1-18, 2004.

Brunetto G, Ferreira PAA, Melo GW, Ceretta CA, Toselli M. Heavy metals in vineyards and orchard soils. Revista Brasileira de Fruticultura. 39(2):263-274, 2017.

Brunetto G, Miotto A, Ceretta CA, Schmitt DE, Heinzen J, Moraes MP de, Canton L, Tiecher TL, Comin JJ, Girotto E. Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. Archives of Agronomy and Soil Science, v. 60, n. 5, p. 609-624, 2014.

Chaignon V, Hinsinger P. A biotest for evaluating copper bioavailability to plants in a contaminated soil. Journal Environmental. Qual., v. 32, p. 824-833, 2003.

Fernández-Calviño D, Soler-Rovira P, Polo A, AriasEstévez M, Plaza C. Influence of humified organic matter on copper behavior in acid polluted soils. Environmental Pollution, v.158, p.3634-3641, 2010.

Fernández-Calviño D, Pateiro-Moure M, Nóvoa-Muñoz JC, Garrido-Rodríguez B, Arias-Estévez M. Zinc distribution and acid-base mobilisation in vineyard soil and sediments. Science of the Total Environment, v.414, p.470-479, 2012.

Girotto E. Alterações fisiológicas e bioquímicas em plantas cultivadas em solos com acúmulo de cobre e zinco. Santa Maria: UFSM, 2010. 147p. (Tese Doutorado).

Mackie KA, Mueller T, Kandeler E. Remediation of copper in vineyards: a mini review. Environmental Pollution, v.167, p.16-26, 2012.

Nagajyoti PC, Lee KD, Sreekanth SVM. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environmental Pollution, v.8, p.199-216, 2010.

Schramel O, Michalke B., Kettrup A. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. Sci. Total Environmental, 263, 11–22, 2000.

Sposito G. The Chemistry of Soils. Oxford University Press. 2008.

Stevenson FJ. Humus Chemistry, Genesis, Composition and Reactions. W.J. Riley and Sons, New York, NY, 496p, 1994.

Tessier A, Campbell PGC, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., v. 51, p. 844851, 1979.

Tiecher TL, Ceretta CA, Comin JJ, Girotto E, Miotto A, Moraes MP, Benedet L, Ferreira PAA, Lorenzi CR, Couto RR, Brunetto G. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37(3), 812-824, 2013.

United States Environmental Protection Agency - USEPA. Method 3050B Acid digestion of sediments, sludges, and soils. Revision 2, Washington, 1996.

Tabela 1. Fracionamento de Cu em áreas de vinhedo com diferentes históricos de condução, em comparação com uma área de campo nativo, em Santana do Livramento, RS.

| Camada (cm) | CN | VC | VM | VL | VLE | CV(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Cobre (mg kg$^{-1}$) | | | |
| | | | CuSol | | | |
| 0,0 – 5,0 | 0,09 aD[(1)] | 0,32 aC | 0,69 cB | 3,94 aA | 0,84 aB | 7,48 |
| 5,0 – 10,0 | 0,03 bE | 0,26 bD | 0,90 aB | 2,35 bA | 0,84 aC | 2,96 |
| 10,0 – 20,0 | 0,03 bB | 0,12 cB | 0,82 bA | 0,89 cA | 0,78 aA | 14,71 |
| 20,0 – 40,0 | 0,03 bC | 0,08 dC | 0,50 dA | 0,30 dB | 0,29 bB | 15,39 |
| CV (%) | 7,70 | 9,44 | 5,44 | 4,52 | 15,02 | |
| | | | Cut | | | |
| 0,0 – 5,0 | 1,12 bC | 1,33 aC | 2,18 bB | 5,60 bA | 1,98 bB | 6,69 |
| 5,0 – 10,0 | 1,12 bD | 1,03 bD | 4,98 aB | 12,18 aA | 3,07 aC | 15,52 |
| 10,0 – 20,0 | 2,37 aA | 0,88 cC | 2,48 bA | 2,29 cA | 1,50 cB | 11,06 |
| 20,0 – 40,0 | 1,04 bA | 0,80 cB | 1,18 cA | 1,15 cA | 1,03 dA | 8,85 |
| CV (%) | 3,11 | 4,78 | 8,20 | 14,75 | 10,19 | |
| | | | CuMin | | | |
| 0,0 – 5,0 | 1,66 cE | 16,15 aD | 69,24 aB | 81,10 aA | 28,35 aC | 5,73 |
| 5,0 – 10,0 | 2,25 bD | 7,75 bC | 27,60 bB | 49,86 bA | 26,34 aB | 9,49 |
| 10,0 – 20,0 | 4,79 aC | 3,94 cC | 12,21 cB | 16,61 cA | 5,96 bC | 17,94 |
| 20,0 – 40,0 | 0,93 dE | 2,77 cD | 9,08 dA | 3,95 dC | 6,92 bB | 7,63 |
| CV (%) | 2,97 | 8,32 | 7,92 | 7,00 | 9,31 | |
| | | | CuMO | | | |
| 0,0 – 5,0 | 0,94 cD | 16,76 aC | 36,32 aA | 30,86 aB | 32,89 aB | 7,63 |
| 5,0 – 10,0 | 1,18 bD | 8,67 bB | 7,25 bC | 12,15 bA | 12,06 bA | 9,02 |
| 10,0 – 20,0 | 2,68 aC | 1,68 cD | 4,85 cB | 6,15 cA | 2,76 cC | 13,97 |
| 20,0 – 40,0 | 0,62 dE | 1,13 cD | 2,64 cB | 2,07 dC | 3,56 cA | 3,26 |
| CV (%) | 4,61 | 11,99 | 10,97 | 8,23 | 8,79 | |
| | | | CuR | | | |
| 0,0 – 5,0 | 4,20 aE | 8,90 bC | 6,23 [ns]D | 13,53 aB | 14,98 aA | 2,84 |
| 5,0 – 10,0 | 3,23 aC | 13,28 aB | 5,70 C | 5,36 dC | 16,68 aA | 19,54 |
| 10,0 – 20,0 | 4,70 aC | 6,34 bB | 5,13 C | 7,10 cB | 14,79 aA | 10,92 |
| 20,0 – 40,0 | 5,18 aB | 12,10 aA | 4,89 B | 12,53 bA | 13,00 aA | 5,67 |
| CV (%) | 16,26 | 17,76 | 11,33 | 3,49 | 6,07 | |
| | | | CuT | | | |
| 0,0 – 5,0 | 8,85 bC | 50,50 aC | 183,10 aA | 214,55 aA | 116,20 aB | 20,95 |
| 5,0 – 10,0 | 10,10 bE | 33,60 bD | 71,45 bB | 111,95 bA | 61,80 bC | 7,98 |
| 10,0 – 20,0 | 29,80 aB | 14,85 dC | 35,55 cA | 39,35 cA | 27,90 cB | 11,95 |
| 20,0 – 40,0 | 10,55 bB | 24,90 cA | 22,25 dA | 19,90 cA | 24,10 cA | 9,95 |
| CV (%) | 10,35 | 13,79 | 3,77 | 22,22 | 29,09 | |

CN = campo nativo; VC = vinhedo com curto tempo de condução; VM = vinhedo com médio tempo de condução; VL = vinhedo com longo tempo de condução; VLE = vinhedo com longo tempo de condução com solo coletado nas entrelinhas. CV = coeficiente de variação. [(1)]Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de significância; [(ns)] Médias não significativas ($p > 0,05$).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Geoquímica de elementos maiores em solos derivados de granitos contrastantes ao longo de um gradiente ambiental

Laura Mariana Nascimento de Santana[1]; Camila Victória da Silva Brasil[2]; Caio César Soares Gueiros[2]; Amanda Barbosa de Andrade Mendes[2]; Gustavo Vieira Nunes[2]; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva[3]

[1]Estudante, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Costa Gomes, 150, Recife-PE, 50710-510, lauramnsantana@gmail.com; [2]Estudante; Universidade Federal Rural de Pernambuco; [3]Professor Adjunto; Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## INTRODUÇÃO

Os granitos estão entre as rochas mais abundantes e são amplamente distribuídos por toda a crosta terrestre (FODEN et al., 2015). As rochas graníticas são formadas por vários processos (CHAPELL & WHITE, 1974, 2001). Como consequência, diferenças nas composições mineralógicas e químicas dessas rochas foram evidenciadas (FODEN et al., 2015; SILVA et al., 2017).

A classificação proposta por Chappell & White (2001) tem sido utilizada para diferenciar granitos em tipo S e I (CHAPPELL et al., 2012; SILVA et al., 2018). No geral, rochas graníticas do tipo S e I são desenvolvidas a partir de materiais supracrustais e infracrustais, respectivamente (CHAPELL & WHITE, 1974, 2001). Os granitos do tipo S são resultados de fusões parciais de protólitos ígneos, já as rochas graníticas do tipo I estão associadas a zonas de subducção e são produtos da fusão de protólitos metassedimentares (HUANG et al., 2019).

Os granitos compreendem vastas regiões em ambientes temperados e tropicais. A região nordeste do Brasil exibe muitas áreas de perfis de solo originados de granitos tipo S e I, representando uma base importante para o desenvolvimento da agricultura, além de influenciar em diversos processos biogeoquímicos, na preservação da qualidade da água, e no sequestro de carbono em ambientes tropicais (BLUM et al., 2006).

Pernambuco, estado do nordeste do Brasil, tem uma posição estratégica para estudar a geoquímica de solos graníticos em diferentes condições climáticas. As rochas graníticas representam cerca de um terço da extensão terrestre do estado, com distribuição geográfica nas três zonas climáticas (úmida, subúmida e seca) (BRAZIL, 2001).

Neste cenário, investigamos a influência de granitos tipos S e I na geoquímica dos elementos maiores em perfis de solo ao longo de uma climosequência (úmida, subúmida e seca) em Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área

A pesquisa foi realizada no Nordeste do Brasil, Estado de Pernambuco, em três zonas climáticas (**Figura 1**): (I) úmida, com clima tropical,

vegetação do tipo Floresta Atlântica tropical, precipitação média anual de 1800 mm, temperatura média anual de 27 °C e umidade relativa de 80% (NASCIMENTO et al., 2006); (II) subúmida, caracterizada por floresta semidecidual (caatinga hipoxerófila), precipitação anual variando de 800 a 1000 mm e com temperatura média anual de 24 °C (DRUMOND et al., 2004); e (III) zona seca, caracterizada por clima semiárido com balanço hídrico negativo: a precipitação média anual (<800 mm) é menor que a taxa anual de evaporação (2.000 mm), com temperatura média anual variando de 23 a 27 °C e umidade relativa do ar a cerca de 50% (BRITO et al., 2007). O bioma dessa região é classificado como caatinga hiperxerófila.

### 2.2 Amostragem e preparo do solo

Foram selecionados perfis de solos originados de granitos tipo S e I, com base no mapa geológico de Pernambuco (BRAZIL, 2001), sob vegetação preservada, nas três condições climáticas (úmida, subúmida e seca). Os perfis de solo não demonstraram quaisquer evidências de descontinuidade litológica (IUSS Working Group WRB, 2014). Os solos foram coletados em áreas com declividades suaves (3-8%) e foram classificados de acordo com o WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2014).

### 2.3 Determinação dos elementos maiores

Os elementos maiores foram determinados por Espectroscopia de Fluorescência de Raio-X por dispersão de comprimento de onda. A perda por ignição foi determinada a 1.000 °C. Um material certificado internacionalmente (San Joaquin Soil; SRM 2709) (NIST, 2002) foi utilizado para garantir a qualidade das análises. As taxas de recuperações dos elementos maiores aumentaram na ordem (%): Na (72) < Mn (81) < Si (89) < Mg (96) < K (98) < Fe (100) < Ti (101) < Ca (105) < Al (106) < P (126). Esses valores são adequados e confirmam o padrão de qualidade das medições.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os maiores teores, exceto para o Si, foram observados em solos desenvolvidos a partir de granitos tipo I (**Figura 2**). Esses resultados são provenientes das características mineralógicas dos diferentes granitos. As rochas graníticas tipo I apresentaram a maior quantidade de minerais opacos, máficos e acessórios. Em contraste, as rochas graníticas do tipo S exibem conteúdos relativamente altos de quartzo e muscovita (SILVA et al., 2016).

Os teores dos elementos maiores nos perfis de solo derivados de granitos tipos S e I variaram de acordo com as condições climáticas (**Figura 2**). As concentrações dos elementos maiores nos perfis de solo desenvolvidos na zona úmida aumentaram na seguinte ordem (%): Na < Mn < P < Ca < Mg < K < Ti < Fe < Al < Si (**Figura 2**). Este resultado evidencia a lixiviação preferencial dos cátions ($K^+$, $Na^+$ e $Ca^{2+}$) e o acúmulo dos elementos menos móveis (Fe, Ti e Al), como confirmado pelos valores de CIA mais elevados (95 %) em ambos os perfis da zona úmida (SILVA et al., 2016).

As concentrações de elementos maiores nos solos derivados de granitos tipo S e I, situados em condição subúmida, diminuíram na seguinte ordem (%), respectivamente: Si > Al > K > Fe > Ti > Na > Mg > Ca > P > Mn e Si > Al > Fe > K > Ti > Mg > Ca > Na > P > Mn (**Figura 2**). Na condição subúmida, a menor lixiviação de cátions está associada ao menor grau de intemperismo (CIA = 81 % e 74 % para os tipos S e I, respectivamente) (SILVA et al., 2016). Os teores dos elementos maiores, na zona seca, aumentaram na ordem (%): Mn < P < Mg < Ti < Na < Ca < K < Fe < Al < Si para solos originados de granitos tipo I e Mn < P < Mg < Ti < Ca < Fe <

Na < K < Al < Si para solos originados de granitos tipo S (**Figura 2**).

## CONCLUSÕES

O tipo de granito fornece diferentes assinaturas geoquímicas nos perfis de solo, ou seja, os maiores teores dos elementos são observados em perfis de solo derivados de granitos tipo I em todas as condições climáticas avaliadas.

Independentemente do tipo de granito, as maiores perdas de elementos maiores ocorrem nos solos sob zona úmida devido à maior intensidade do processo de intemperismo. Considerando a ampla distribuição de solos derivados desses tipos de granito em regiões tropicais, os resultados relatados nesse trabalho são úteis para auxiliar na compreensão da geoquímica dos elementos maiores em várias regiões do mundo onde há granitos dos tipos S e I.

## REFERÊNCIAS

Blum, W.E.H., Warkentin, B.P., Frossard, E., 2006. Soil, human society and the environment. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 266, 1–8.

Brazil. 2001. Geology and Mineral Resources of Pernambuco State. Geological Survey of Brazil and of Pernambuco State, Recife, CPRM. Ministry of Mines and Energy, Brasília, Brazil.

Brito, L.T.L., Moura, M.S.B., Gama, G.F.B., 2007. Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido, Petrolina 181.

Chappell, B.W., Bryant, C.J., Wyborn, D., 2012. Peraluminous I-type granites. Lithos 153, 142–153.

Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. Pac. Geol. 8, 173–174.

Chappell, B.W., White, A.J.R., 2001. Two contrasting granite types: 25 years later. Aust. J. of Earth Sci. 48, 489–499.

Drumond, M.A., Santana, A.C., Antoniole, A., 2004. Recomendações para o uso sustentável da biodiversidade no bioma caatinga. In: Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA-UFRPE, Brasília, pp. 47–90.

Foden, J., Sossi, P.A., Wawryk, C.M., 2015. Fe isotopes and the contransting petrogenesis of A-, I- and S-type granite. Lithos 32 (44), 212–215.

Huang, S.F., Wang, W., Pandit, M.K., Zhao, J.H., Lu, G.M., Xue, E.K., 2019. Neoproterozoic S-type granites in the western Jiangnan Orogenic Belt, South China: Implications for petrogenesis and geodynamic significance. Lithos 342–343, 45–58.

IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. World Soil Resources Report No. 106, FAO, Rome.

Nascimento, C.W.A., Oliveira, A.B., Ribeiro, M.R., Melo, É.E.C., 2006. Distribution and availability of zinc and copper in benchmark soils of Brazil. Commun. Soil Sci. Plan. Anal. Athens 37 (1–2), 109–125.

Silva, Y. J. A. B., Nascimento, C. W. A., Biondi, C. M., Van Straaten, P., Souza Júnior, V. S., & Ferreira, T. O., 2016. Weathering rates and carbon storage along a climosequence of soils developed from contrasting granites in northeast Brazil. Geoderma, 284, 1-12.

Silva, Y.J.A.B., Nascimento, C.W.A., Van Straaten, P., Biondi, C.M., Souza, V.S., Silva, Y.J.A.B., 2017. Effect of I- and S-type granite parent material mineralogy and geo- chemistry on soil fertility: A multivariate statistical and Gis-based approach. Catena 149, 64–72.

Silva, Y.J.A.B., Nascimento, C.W.A., Van Straaten, P., Biondi, C.M., Silva, Y.J.A.B., Araújo, J.C.T., Alcantara, V.C., Silva, F.L., Silva, R.J.A.B., 2018. Rare earth element geochemistry during weathering of S-type granites from dry to humid climates of Brazil. J. Plant Nutr. Soil Sci. 000, 1–16.

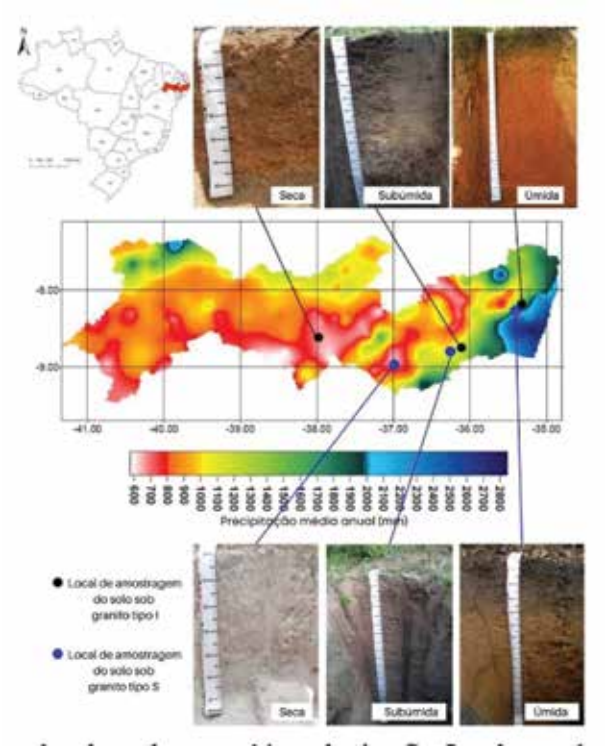



Figura 1. Solos originados de rochas graníticas do tipo S e I ao longo de uma climosequência no Nordeste do Brasil.

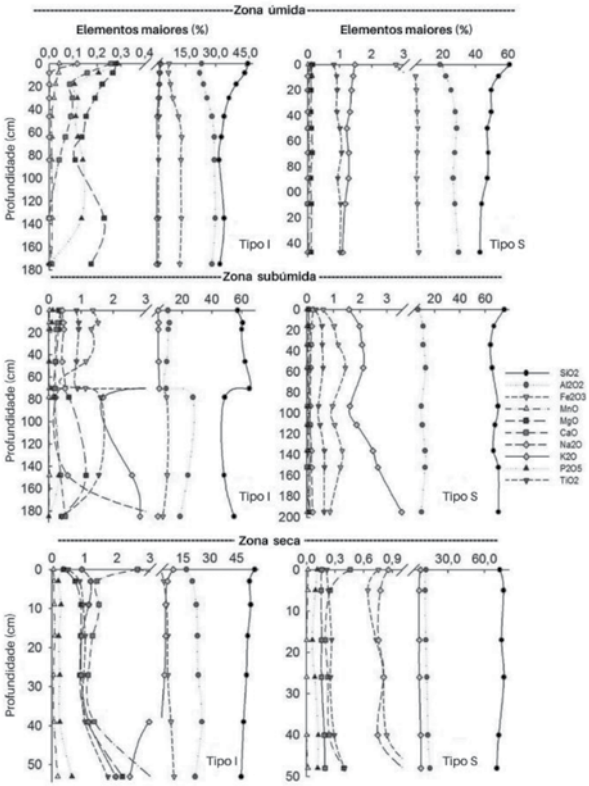



Figura 2. Concentrações dos elementos maiores em solos originados de rochas graníticas do tipo S e I ao longo de uma climosequência no Nordeste do Brasil.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Geoquímica de Fósforo em Solo de Pradaria Marinha no RS – Brasil

Thayná de Ciza C. Corrêa[1]; Marcela Lopes Lázaro; [2]; Maria Regina Gmach[3]; Laís Zayas Coutinho Jimenez[4]; Tiago Osório Ferreira[5]; Gabriel Nuto Nóbrega[6].

[1]Graduanda em Ciência Ambiental, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rua São Pedro, 185, Niterói - RJ, 24020-057; thaynacorrea@id.uff.br; [2]Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geociências (Geoquímica), Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói - RJ; [3]Engenheira Agrônoma, Swedish University of Agricultural Science (SLU), Uppsala, Suécia; [4]Gestora Ambiental, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba - SP; [5]Engenheiro Agrônomo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba - SP; [6]Dr. Prof. no Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói - RJ .

## INTRODUÇÃO

As pradarias marinhas são ecossistemas compostos por monocotiledôneas, com a maioria das espécies crescendo permanentemente submersas em ambientes marinhos, amplamente distribuídas nas regiões tropicais e temperadas, abrangendo mais de 120 países (Spalding et al. 2003), correspondendo a 0,2% das áreas oceânicas (Eakins e Sharman 2010). As pradarias marinhas são reconhecidos por fornecer uma ampla gama de serviços ecológicos, representando um dos ecossistemas de maior valor econômico do planeta (Short et al. 2011).

Nestes sistemas marinhos, o conteúdo (potencialmente) biodisponível de fósforo (P) é um fator desencadeador de nutrientes para a eutrofização (Diaz et al. 2017). O aumento nas concentrações de P são uma das principais causas de eutrofização em corpos d'água (Fytianos e Kotzakioti 2005), embora as regiões tropicais pareçam ser tipicamente limitadas por P (Feller et al. 2003). Estudos anteriores indicaram que em solos de áreas úmidas, a maior parte do P está associada a argilas e complexos organo-minerais (principalmente via pontes catiônicas) e com oxi-hidróxidos de Fe (via ligação covalente com o grupo hidroxila; Vepraskas e Faulkner 2009). Algumas dessas frações são sensíveis a condições redox oscilantes (por exemplo, hidróxidos de ferro), enquanto outras são diretamente influenciadas por alterações de pH (por exemplo, os carbonatos), que podem alterar profundamente a retenção e liberação de P (Jiménez-Cárceles e Álvarez-Rogel 2008).

Apesar da importância das pradarias marinhas, o desconhecimento sobre suas características e processos do solo dificulta a implementação de práticas de gerenciamento destes ecossistemas (York et al. 2017). Assim, foi avaliado o conteúdo das frações de P nas pradarias marinhas do Rio Grande do Sul para fornecer informações sobre o funcionamento deste ecossistema nesta condição climática e ambiental e para serem usados como dados de linha de base em estudos futuros.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em solo de pradarias marinhas da Costa Sul Quaternária, no estado do Rio Grande do Sul, vegetada com *Ruppia maritima*.

Três amostras do solo foram coletadas usando tubos de policarbonato presos a um amostrador para solo submerso (Nóbrega et al., 2018). Após coletadas, as amostras de solo foram cuidadosamente retiradas, divididas em seções de 0-3, 3-6, 6-10, 10-13, 13-16, 16-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm. Imediatamente após a retirada das amostras foram medidos os parâmetros físico-químicos (pH e Eh) com eletrodos previamente calibrados. Após analisados os valores de pH e Eh, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas até a análise, com as quais foram realizadas a composição granulométrica, carbono orgânico total (COT), bem como o fracionamento de P.

O fracionamento do P foi determinado através de uma extração seqüencial (Paludan e Jensen 1995; Paludan e Morris 1999) que permite a identificação de seis frações P operacionalmente definidas: P solúvel e trocável (Ex-P); P associado aos oxi-hidróxidos de Fe e Mn (óxido-P); P associado a silicatos (Silicato-P); P associado aos ácidos húmicos (HA-P); P associado a Ca e Mg (por exemplo, P ligado a carbonatos e apatita P; Ca-P); P residual (matéria orgânica refratária; Res-P).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição granulométrica dos solos apresentou predominância de areia, com médias entre as profundidades variando de 61,3 a 96,2% (**Figura 1**), enquanto o teor de silte variou de 1,3 a 18,1% e argila de 2,5 a 19,8%.

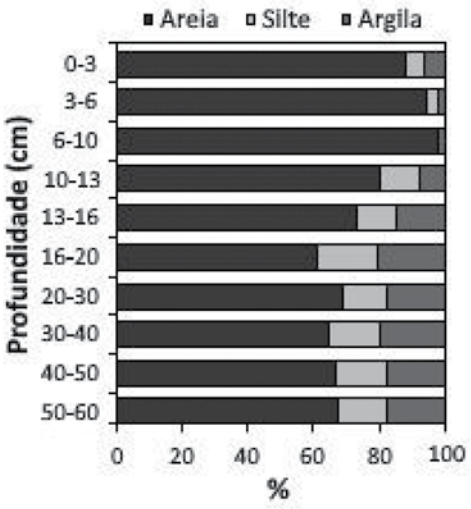
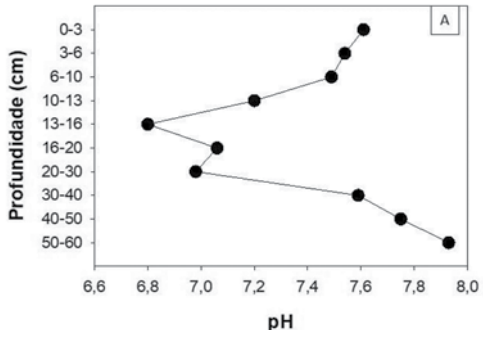



**Figura 1.** Composição granulométrica do solo subaquático

Nos parâmetros físico-químicos, os valores de pH obtidos foram circumneutral e apresentaram pouca oscilação, com valores variando entre 6,80 a 7,93 (**Figura 2**). O potencial redox (Eh) apresentou uma grande variação, com valores variando de -13 a +325 mV. As diferenças foram mais evidentes nos primeiros 20 cm, nos quais a média foi de +287 mV, indicando ambiente sub-óxico. A média de conteúdo do TOC foi de 0,52%, não apresentando variação no conteúdo de COT ao longo do perfil do solo (**Figura 2**).



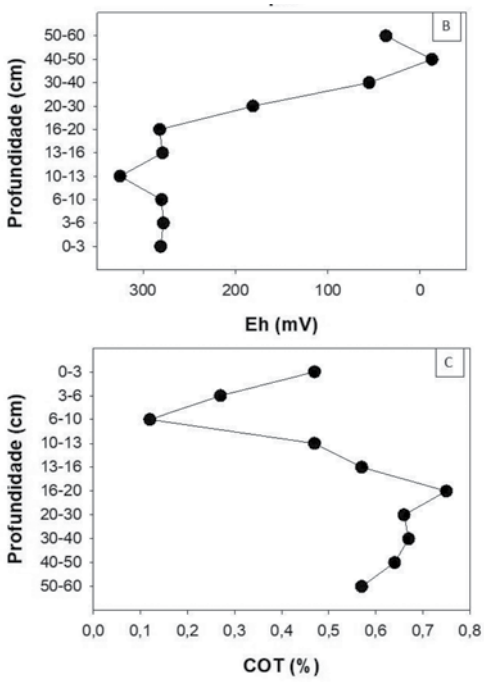



**Figura 2.** Valores médios para pH, Eh (mV) e COT (%) nas diferentes profundidades do solo.

O fracionamento de P mostrou diferenças claras entre as profundidades do solo e pode ser observado na **F igura 3**. Progressivos valores médios de P (mg $kg^{-1}$) foram obtidos para maiores profundidades de solo. A forma mais abundante foi a orgânica HA-P. O Ex-P foi a fração dos valores mais baixos, com média de 2,42, seguido pelos teores de Silicato-P e Ca-P, com médias de 8,84 e 14,63, respectivamente. Os teores de Óxido-P e Res-P registrados foram intermediários entre as frações, com médias de 18,30 e 19,22, respectivamente.

## CONCLUSÕES

Os dados apresentados no trabalho apontaram para uma dinâmica do P em solos de pradarias marinhas do Rio de Grande do Sul que contribuem para a criação de uma base de dados para entender o funcionamento desse ecossistema e a comprovação da sua relevância ambiental para a viabilização de criação de políticas condizentes para a sua preservação.

**AGRADECIMENTOS:** Á CNPQ, UFF, FAPERJ, FAPESP, ESALQ/USP por possibilitarem a elaboração dessa pesquisa e trabalho.

## REFERÊNCIAS

Diaz, R., Selman, M., Chique-Canache, C. 2017. Global eutrophic and hypoxic coastal systems: eutrophication and hypoxia–nutrient pollution in coastal waters. In: WRI Policy Note. World Resources Institute.

Eakins, B.W., Sharman, G.F. 2010. Volumes of the World´s Oceans from ETOPO1. Boulder, Co.

Feller, I.C., McKee, K.L., Whigham, D.F., O'Neill, J.P. 2003. Nitrogen vs. phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. Biogeochemistry 62, 145–175.

Fytianos, K., Kotzakioti, A. 2005. Sequential fractionation of phosphorus in lake sediments of northern Greece. Environmental Monitoring and Assessment, 100,191–200.

Jiménez-Cárceles, F.J., Álvares-Rogel, J. 2008. Phosphorus fractionation and distribution in a salt marsh soils affected by mine wastes and eutrophicated water: a case study in SE Spain. Geoderma. 144, 299–309.

Nóbrega, G.N., Romero, D.J., Otero, X.L., Ferreira, T.O., 2018. Pedological Studies of Subaqueous Soils as a Contribution to the Protection of Seagrass Meadows in Brazil. Rev. Bras. Cienc. do Solo 42, 1–12.

Paludan, C., Jensen, H. S. 1995. Sequential extraction of phosphorus in freshwater wetland and lake sediments: significance of humic acids. Wetlands. 15, 365–373.

Paludan, C., Morris, J. T. 1999. Distribution and speciation of phosphorus along a salinity gradient in intertidal marsh sediments. Biogeochemistry 45, 197–221.

Short, F.T., et al, 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. Biol. Conserv. 144, 1961-1971.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E. 2003. The distribution and status of seagrasses. World atlas seagrasses. Univ. Calif, Press. Berkeley, Calofirnia, 5-16 pp.

Vepraskas, M.J., Faulkner, S.P. 2009. Redox chemistry of hydric soils. In Richardson, J.L., Vepraskas, M.J. (Eds.), Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes and classification. Florida: Lewis Publishers, 85–106 pp.

York, P.H., et al, 2017. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. Mar. Environ.Res. 127, 163-1

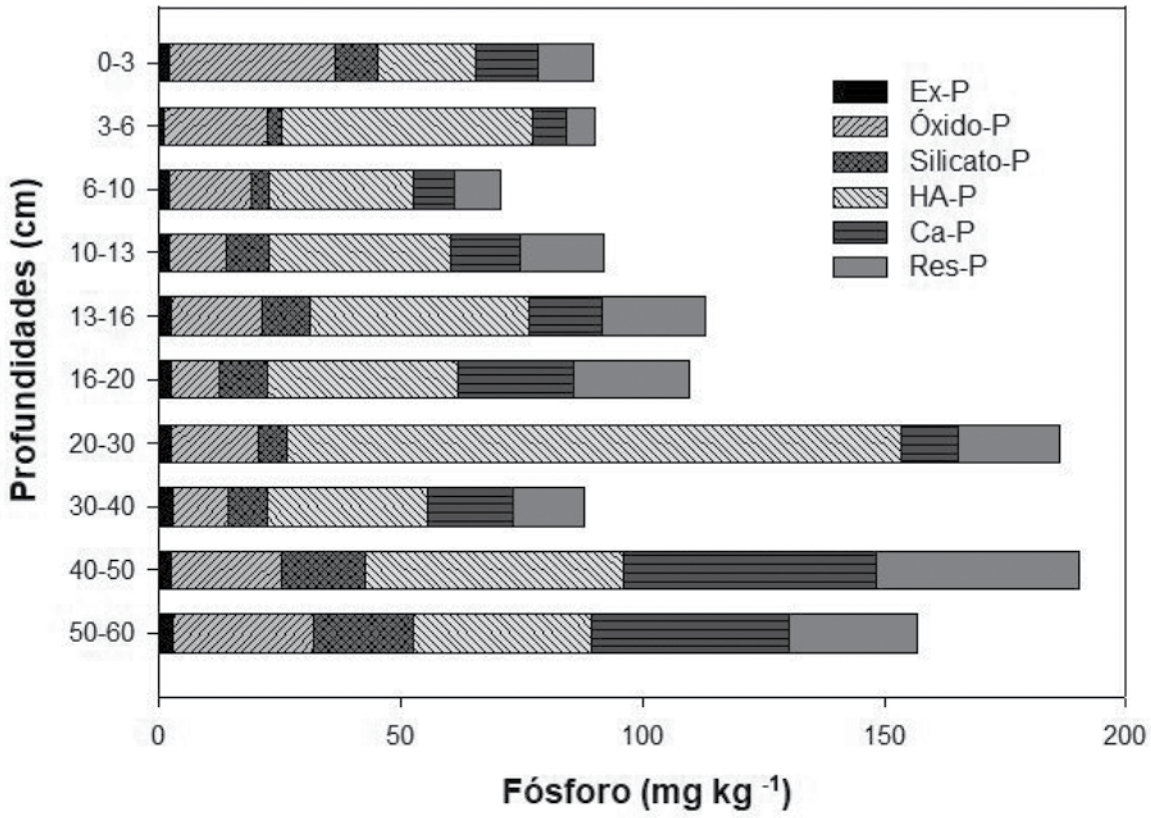



Figura 3. Valores médios de cada fração de P (mg $kg^{-1}$) nas diferentes profundidades do solo.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Sistemas de Preparo do Solo e Fontes de Nitrogênio afetam a Disponibilidade de Nitrogênio no Solo e a Produtividade do Algodoeiro

Guilherme Dias Batista[1]; Carlos Felipe dos Santos Cordeiro[1]; Gustavo Ricardo Aguiar Silva[2]; Jaqueline Angelotti Hafemann[2]; Ana Flávia de Souza Rorato[2]; Fábio Rafael Echer[3]

[1]Mestrando, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares, km 572 - Limoeiro, Pres. Prudente - SP, 19067-175, batistaguilhermed@gmail.com; [2]Graduando; Universidade do Oeste Paulista; [3]Professor do Programa de Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista.

## INTRODUÇÃO

Na região Oeste do estado de São Paulo prevalecem solos de textura arenosa com baixa reserva de nutrientes, principalmente nitrogênio. Além disso, há ocorrência frequente de veranicos, o que dificulta a produção agrícola nessa região, sendo necessário a utilização de práticas conservacionistas do solo e a utilização de fontes mais eficientes de fertilizantes.

Práticas conservacionistas do solo são uma das principais responsáveis pelas altas produtividades do algodoeiro (SANTOS et al., 2020). Contudo, nos primeiros anos de cultivo o sistema de semeadura convencional (SSC) proporciona maior produtividade do algodão do que o sistema semeadura direta (SSD), e isso se inverte a longo prazo, havendo inclusive economia de fertilizantes nitrogenados no SSD (NOURE et al., 2020).

O manejo do nitrogênio é um dos fatores limitantes à obtenção de altas produtividades em solos arenosos, com baixa fertilidade e teor matéria orgânica do solo (CORDEIRO & ECHER, 2019). Assim, o manejo adequado da adubação nitrogenada para a cultura do algodão em solos arenosos deve proporcionar a dose certa na fase de maior demanda, uma vez que a absorção de N é torno de 60 kg de N por tonelada de fibra (VIEIRA et al., 2018).

A ureia é o principal fertilizante nitrogenado utilizado mundialmente (Yang et al., 2020), e no Brasil corresponde cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados produzidos (HANEKO et al., 2013). Entretanto, essa fonte está sujeita ás perdas por volatilização (MINATO et al., 2020) ou por lixiviação (ZHANG et al., 2018).

Apesar das fontes com maior eficiência reduzirem a perdas por volatilização em relação a ureia, pouco se sabe qual a forma preferencial de absorção de N pelo algodoeiro (IQBAL et al., 2020).

O objetivo do estudo foi avaliar a produtividade de fibra e frações de N no solo em função do sistema de cultivo e fontes de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2019/2020, no município de Presidente Bernar-

des – SP. O solo da área é classificado como Latossolo Argilúvico de textura arenosa (EMBRAPA, 2018). O clima regional é classificado como tropical chuvoso (Aw Koppen). Os dados climáticos registrados durante a condução do experimento estão na Figura 1.

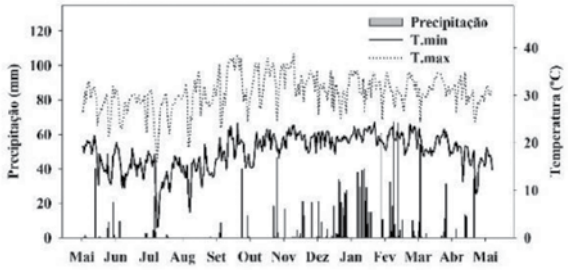



**Figura 1.** Precipitação, temperatura máxima e mínima registradas durante a condução do experimento. Presidente Bernardes-SP.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos pelos sistemas de preparo do solo (implantados a três anos): Sistema de Semeadura Direta (SSD) e Sistema de Semeadura Convencional e fontes de nitrogênio: ureia (45% N) e nitrato de amônio (33% N). Cada unidade experimental teve 97,2 m$^2$ (3,6 m x 27 m) com corredores de 3 m entre cada parcela.

No SSC o solo permaneceu em pousio na entressafra e foi preparado com grade pesada e niveladora antes da semeadura do algodoeiro. Já no SSD cultivou-se o capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*) na entressafra de 2019, com semeadura em maio. A dessecação da planta de cobertura foi realizada 20 dias antes da semeadura do algodoeiro, que ocorreu em 28/11/2019, com oito sementes por metro e espaçamento com 0,9 m, cultivar FM 985GLTP. A adubação de semeadura foi realizada com aplicação de 250 kg ha$^{-1}$ de fosfato-monoamônico (MAP) (25 e 125 kg ha$^{-1}$ de N e $P_2O_5$).

Aos 25 e 45 DAE foi realizada a adubação nitrogenada (ureia e nitrato de amônio) e potássica (cloreto de potássio) com dose total de 120 kg ha$^{-1}$ de N e $K_2O$. Aos 75 DAE (pleno florescimento do algodoeiro) foram realizadas amostragens de solo 0-20 cm (quatro sub-amostras) para determinação dos teores de nitrogênio total, nitrato, amônio e N da biomassa microbiana, segundo as metodologias descritas por Catarella e Trevelin (2011) e Joergensen e Brookes (1990).

Por ocasião da maturidade fisiológica do algodoeiro (150 DAE) foi determinada a produtividade com a colheita manual de dois metros lineares de cada parcela, e uma sub-amostra enviada para descaroçamento e determinação do rendimento e produtividade de fibra.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as fontes de nitrogênio e os sistemas de semeadura (**Tabela 1**). O nitrogênio da biomassa microbiana ($N_{bio}$) foi 12% maior com uso de ureia em ralação ao nitrato de amônio (NA). Entretanto, os teores de nitrato e N total foram 31% e 5%, maiores quando se usou o NA em relação a ureia, respectivamente. Não houve efeito entre as fontes para o teor de amônio (**Tabela 1**). O SSD tem maior capacidade em aumentar o aporte de N ao solo, com teores 38% (N biomassa), 12% (amônio) e 16% (N total) maiores comparado ao SSC (**Tabela 1**).

Tabela 1. Nitrogênio da biomassa microbiana, Namoniacal, N-nítrico, e nitrogênio total do solo em diferentes sistemas de preparo do solo e fontes de nitrogênio.

| | $N_{bio}$ | $NH_4^+$ | $NO_3^-$ | $N_{total}$ |
|---|---|---|---|---|
| | mg kg$^{-1}$ | | | |
| **Fonte (F)** | | | | |
| Nitrato de amônio | 9,9 b | 4,3 a | 5,5 a | 222,4 a |
| Ureia | 11,1 a | 4,4 a | 4,2 b | 211,9 b |
| **Sistemas (S)** | | | | |
| SSC | 8,8 b | 4,1 b | 4,9 a | 201,3 b |
| SSD | 12,2 a | 4,6 a | 4,8 a | 233,1 a |
| **F** | | | | |
| F | 0,0260 | 0,4900 | 0,0000 | 0,0240 |
| S | 0,0000 | 0,0100 | 0,7690 | 0,0000 |
| F*S | 0,4750 | 0,4970 | 0,1290 | 0,5800 |
| CV% | 9,5 | 8,9 | 6,6 | 4,1 |

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O SSD é uma boa estratégia para reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados, visto que nesse sistema os teores de N no solo são maiores (Tabela 1). Nouri et al. (2020) reportam que a longo prazo a resposta do algodoeiro ao incremento das doses de N é menor no SSD além de maiores produtividades de fibra. Isso ocorre devido as melhorias na qualidade do solo (Nouri et al., 2019). O nitrato de amônio mostrou maior eficiência no solo, sendo os teores de N total e nitrato maiores (Tabela 1), e isso ocorre devido as maiores perdas de N via volatilização e lixiviação com uso de ureia, principalmente em solos arenosos (MINATO et al., 2020; ZHANG et al., 2018).

A produtividade de fibra foi 11% maior no SSC (média duas fontes) (Figura 2). Independente do sistema as maiores produtividades de fibra foram com uso ureia, 14% (SSD) e 8% (SSC) em relação ao nitrato de amônio (Figura 2).

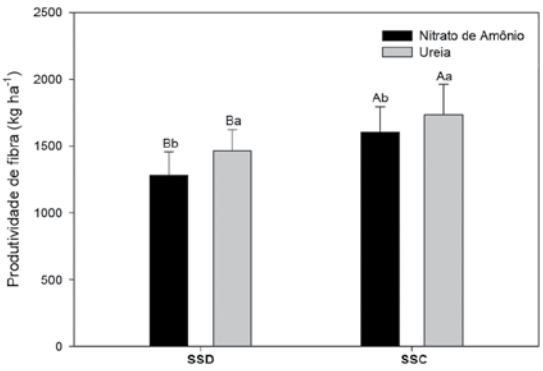



Figura 2. Produtividade de fibra de algodoeiro em diferentes sistemas e fontes de N. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam os sistemas dentro de cada fonte e letras minúsculas comparam as fontes dentro de cada sistema pelo teste de Tukey ($p$>0,05).

Nos primeiros anos de implantação dos sistemas é comum maiores produtividade serem reportadas no SSC (Nouri et al., 2020). Em alguns casos esse fato é atribuído a menor disponibilidade de N no solo (CHU et al., 2017), o que não foi verificado nesse estudo (Tabela 1). Podendo haver relação com disponibilidade com outros nutrientes, principalmente fósforo (ALMEIDA et al., 2018).

Mesmo com maior eficiência no sistema (Tabela 1), o nitrato de amônio não aumentou a produtividade de fibra (Figura 2). Isso sugere que a forma nítrica não é a forma preferencial de absorção e assimilação de N pelo algodoeiro. Sendo o oposto do que foi sugerido por Iqbal et al. (2020) em ambiente controlado. Contudo para essa afirmação há necessidade de novos estudos a nível de campo.

## CONCLUSÕES

Nos primeiros anos de implantação em ambiente de solo arenoso a produtividade do algodoeiro é maior no SSC. A ureia apesar de apresentar os menores teores de N no solo resulta em maior produtividade de fibra comparado ao nitrato de amônio em uma safra com boa disponibilidade hídrica.

**AGRADECIMENTOS:** À Associação Paulista dos Produtores de Algodão (APPA) pelo apoio financeiro á pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Almeida, D.S., Rocha, K.F., Souza, M., Delai, L.B., Rosolem, C.A. (2018). Soil Phosphorus Bioavailability and Soybean Grain Yield Impaired by Ruzigrass. Agronomy Journal. 110, 1-10. https://doi.org/10.2134/agronj2017.08.0451

Cantarella, H., Trivelin, P.C.O. (2001). Determinação de nitrogênio total em solo. In: Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H., Quaggio, J.A., Eds. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas,. 285p.

Cordeiro, C.F.S., Echer, F.R. (2019). Interactive Effects of Nitrogen-Fixing Bacteria Inoculation and Nitrogen Fertilization on Soybean Yield in Unfavorable Edaphoclimatic Environments. **Scientific reports**. 9, 15606. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52131-7

Chu, M., Jagadamma, S., Walker, F.R., Eash, N.S., Buschermohle, M.J., Duncan, L.A. (2017). Effect of Multispecies Cover Crop Mixture on Soil Properties and Crop Yield. **Agricultural & Environmental Letters**. 2, 1-5. https://doi.org/10.2134/ael2017.09.0030

Haneko, F.H., Leal, A.J.F., Anselmo, J.L., Buzetti, S., Tosta, F.S. (2013) Fontes e manejos da adubação nitrogenada em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 57-63. https://www.scielo.br/pdf/pat/v43n1/02.pdf

Iqbal, A., Dong, Q., Wang, X., Gui, H.-P., Zhang, H., Pang, N., Zhang, X. and Song, M. (2020), Nitrogen preference and genetic variation of cotton genotypes for nitrogen use efficiency. J Sci Food Agric, 100: 27612773. https://doi.org/10.1002/jsfa.10308

Joergensen, R. G., Brookes, P. C. (1990). Ninhydrinreactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K2 SO4 soil extracts. **Soil Biology and Biochemistry**, 22, 1023-1027. http://dx.doi.org/ 10.1016/00380717(90)90027-W

Minato, E.A., Cassim, B.M.A.R., Besen, M.R., Mazzi, F.L., Inoue, T.T., Batista, M.A. (2020) Controlledrelease nitrogen fertilizers: characterization, ammonia volatilization, and effects on second--season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 44, 1-13. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190108

Nouri, A., Lee, J., Yoder, D. C., Jagadamma, S., Walker, F. R., Yin, X., Arelli, P. 2020. Management duration controls the synergistic effect of tillage, cover crop, and nitrogen rate on cotton yield and yield stability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 301, 107007. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107007

Santos, A., Matos, E.S., Freddi, O.S., Galbieri, R., Lal, . R. (2020). Cotton production systems in the Brazilian Cerrado: The impact of soil attributes on field-scale yield. **European Journal of Agronomy**. 118, 126090. https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126090

Vieira, J. L.V., Nardi, K.T., Silva, G.R.A., Moreira, L.A., Zavaschi, E., Moura, T.A., Otto, R. 2018. Nutrient Uptake by High-Yielding Cotton Crop in Brazil. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**. 42, 1-17. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170033

Zhang, S., Shen, T., Yang, Y., Li, Y. C., Wan, Y., Zhang, M. Tang, T., Allen, S. C. (2018). Controlled- release urea reduced nitrogen leaching and improved nitrogen use efficiency and yield of direct-seeded rice. **Journal of environmental management**. 220, 191-197. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.010

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Teores de Cobre Disponível Avaliados por Diferentes Métodos de Extração em Argissolo Submetido Aplicações Sucessivas de Dejetos de Animais

Matheus Ceolin[1]; Lucas Henrique Klock[1]; Luana Paula Garlet[1]; Carina Marchezan[2]; Gustavo Brunetto[3]; Fábio Joel Kochem Mallmann[3]

[1]Graduando(a) do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima nº 1000, Prédio 42, Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, mceolin14@gmail.com, l.klock@hotmail.com, garleteng.florestal@gmail.com; [2] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM, marchezancarina@yahoo.com.br; [3] Professor do Departamento de Solos, UFSM, brunetto.gustavo@gmail.com, fabiojkmallmann@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Os Estados da região sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) são responsáveis por aproximadamente 70% da produção nacional de suínos e exportam mais de 84% da carne destes animais, sendo que 695 mil toneladas de carne (18,5% da produção nacional total) são produzidas no RS (ABPA, 2019). Além disso, o RS contribuiu com 13% da produção nacional de leite (812 mil litros no primeiro trimestre de 2019) (IBGE, 2019). Estas atividades, quando conduzidas em sistema confinado – o que representa a quase totalidade para a produção de suínos – geram um grande volume de resíduos ricos em nutrientes. Diante disso, esse grande volume de resíduo é utilizado em solos agrícolas como uma alternativa de descarte, mas também como forma de reaproveitamento de nutrientes. No entanto, os resíduos animais contêm metais pesados como Cu, Zn, Mn, As, Cd, Pb, Cr e Ni (COUTO et al., 2018). Assim, solos submetidos a sucessivas aplicações de resíduos ao longo de vários anos podem causar acúmulo excessivo desses elementos.

O Cu, um dos elementos presente nos dejetos animais, é um micronutriente essencial as plantas, tendo função nos processos de fotossíntese, respiração, metabolismo do carbono e nitrogênio e na proteção contra danos por estresse oxidativo (YRUELA, 2005). Porém, quando em excesso pode ocasionar alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas às plantas, prejudicando seu desenvolvimento.

Neste contexto, o diagnóstico da disponibilidade de Cu às plantas é fundamental para propor práticas de manejo adequadas. Diante disso, já foram desenvolvidos vários métodos de extração de Cu no solo, entre eles os de carácter ácido, como Mehlich-1 (MEHLICH, 1953) e HCl 0,1 mol $L^{-1}$ (TEDESCO et al., 1995), e os complexantes, como EDTA (LABHSETWAR; SOLTANPOUR, 1985) e Melich-3 (MEHLICH, 1984). No entanto, a eficiência de cada extrator é altamente dependente das características químicas e físicas do solo e do tipo e dose de adubos adicionados.

Nesse sentido, este estudo objetivou avaliar a capacidade de extração de diferentes métodos para estimar o teor de Cu disponível no perfil de

um Argissolo submetido a 12 anos de aplicações sucessivas de dejetos de suínos e bovinos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição do experimento

O estudo foi realizado a partir de um experimento implantado em Argissolo Vermelho distrófico arênico, localizado na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS. O experimento foi iniciado em 2004, sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições em parcelas de 25 $m^2$ (5 x 5 m). Os tratamentos realizados foram os seguintes: testemunha (sem aplicação de nutrientes), dejeto líquido de suínos (DLS), dejeto líquido de bovinos (DLB) e cama sobreposta de suínos (CSS).

O DLS e o DLB foram coletados em reservatórios anaeróbicos de propriedades típicas suinícolas e de bovinocultura leiteira, respectivamente. Esses dejetos eram compostos por fezes, urina, restos alimentares e água de lavagem das instalações. A CSS foi proveniente do setor de suinocultura da UFSM e composta por resíduos de beneficiamento de arroz (casca), fezes, urina e restos alimentares.

Entre os anos de 2004 e 2009, os dejetos foram aplicados antes da semeadura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). A partir de 2010, as aplicações foram realizadas duas vezes ao ano, antecedendo a semeadura das culturas de verão e inverno, com as seguintes sucessões: em 2010/11 e 2011/12 foi cultivado milho e aveia preta, em 2012/13 milho e feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), em 2013/14 e 2014/15 trigo (*Triticum* spp.) e milho e em 2015/16 aveia preta e milho.

A dose de dejeto aplicada em cada momento ao longo da condução do experimento foi estabelecida com base na exigência de N de cada cultura (RODRIGUES, 2017). Para isso, considerou-se o teor de matéria orgânica do solo e o teor de N e os índices de eficiência de cada dejeto, conforme recomendação oficial (CQFS-RS/SC, 2016).

### Amostragem e análises laboratoriais

Em junho de 2016, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 4, 4 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40 e 40 a 50 cm. Para isso, em cada parcela, duas trincheiras com dimensões de 40 x 40 x 40 cm foram abertas. Em cada trincheira, duas amostras de solo foram coletadas, uma no sentido longitudinal e outra no sentido transversal a linha de semeadura. O solo foi seco ao ar, moído e passado em peneira com malha de 2 mm.

Para a determinação do Cu disponível foram utilizadas quatro soluções extratoras: Mehlich-1 (HCl 0,05 mol $L^{-1}$ + $H_2SO_4$ 0,0125 mol $L^{-1}$) e HCl 0,1 mol $L^{-1}$ como extratores ácidos, e Mehlich-3 ($CH_3COOH$ 0,2 mol $L^{-1}$ + $NH_4NO_3$ 0,25 mol $L^{-1}$ + $NH_4F$ 0,015 mol $L^{-1}$ + $HNO_3$ 0,013 mol $L^{-1}$ + EDTA 0,001 mol $L^{-1}$) (Mehlich, 1984) e $Na_2$EDTA (LABHSETWAR; SOLTANPOUR, 1985) como agentes complexantes. Os teores de Cu dos extratos foram determinados por espectroscopia de absorção atômica.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento descrito no item material e métodos. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si nas seis camadas por meio do teste de "Tukey ($P<0,05$)". Foram também realizadas análises de regressão linear entre os resultados dos métodos de extração, comparados de dois em dois.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As adições de CSS, DLS e DLB ao longo de 12 anos aumentaram os teores de Cu disponível no solo, com as maiores concentrações sendo observadas na camada superficial (Tabela 1). Para os métodos de extração Mehlich-1, HCl e EDTA, o solo adubado com CSS obteve a maior concentração de Cu nas camadas 0 a 4, 4 a 10 e 10 a 20 cm, enquanto para o extrator Mehlich-3 essa diferença ocorreu somente até a camada 0 a 10 cm. Abaixo dessas camadas não houve diferença entre os teores de Cu dos com adição de dejetos e a testemunha. O tratamento DLS também resultou em incrementos nos teores de Cu em relação ao tratamento testemunha sob todos métodos de extração, mas somente nas duas camadas superficiais e com magnitude menor que o CSS. Já o solo com a aplicação de DLB diferiu do tratamento testemunha apenas na camada de 0 a 4 cm. Isso deve ter ocorrido devido ao maior conteúdo de Cu presente nos dejetos de suínos, oriundo das rações utilizadas na criação desses animais.

O incremento de Cu observado com maior intensidade na camada superficial do solo é decorrente da alta reatividade do Cu aos grupos funcionais dos compostos orgânicos e argilominerais do solo, o que limita sua movimentação no perfil. Dessa forma, as sucessivas aplicações de altas doses de dejetos animais, principalmente de suínos, em áreas agrícolas podem ocasionar um acúmulo expressivo de Cu na camada superficial do solo. Esse excesso de Cu pode provocar toxidez às plantas, bem como pode potencializar impactos ambientais adversos, como por exemplo, a contaminação dos cursos de água superficiais (RIBEIRO, 2013).

Tabela 1. Teores médios (mg kg$^{-1}$) de Cu disponível no perfil do Argissolo após 12 anos sob aplicações de dejeto líquido de bovinos (DLB), dejeto líquido de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS), extraídos por diferentes métodos.

| Camada (cm) | Tratamento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CSS | DLS | DLB | Test |
| | ---------- Mehlich-1 ---------- | | | |
| 0 - 04 | 10,90 a* | 7,23 b | 2,09 c | 0,92 d |
| 04 - 10 | 6,30 a | 2,90 b | 1,19 c | 0,77 c |
| 10 - 20 | 1,67 a | 0,87 b | 0,67 b | 0,62 b |
| 20 - 30 | 0,53 a | 0,46 a | 0,39 a | 0,41 a |
| 30 - 40 | 0,48 a | 0,33 a | 0,40 a | 0,39 a |
| 40 - 50 | 0,22 a | 0,14 a | 0,23 a | 0,28 a |
| | ---------- Mehlich-3 ---------- | | | |
| 0 - 04 | 6,43 a | 4,71 b | 1,83 c | 1,22 c |
| 04 - 10 | 3,90 a | 2,80 b | 1,34 c | 1,09 c |
| 10 - 20 | 1,55 a | 1,33 a | 0,95 a | 0,91 a |
| 20 - 30 | 1,09 a | 1,03 a | 0,89 a | 0,86 a |
| 30 - 40 | 1,02 a | 0,94 a | 0,88 a | 0,82 a |
| 40 - 50 | 0,80 a | 0,83 a | 0,63 a | 0,63 a |
| | ---------- HCl 0,1M ---------- | | | |
| 0 - 04 | 9,66 a | 6,95 b | 2,27 c | 1,15 d |
| 04 - 10 | 6,06 a | 2,64 b | 1,51 c | 0,98 c |
| 10 - 20 | 1,98 a | 1,28 b | 1,01 b | 0,90 b |
| 20 - 30 | 1,00 a | 0,95 a | 0,78 a | 0,72 a |
| 30 - 40 | 0,94 a | 0,87 a | 0,76 a | 0,67 a |
| 40 - 50 | 0,55 a | 0,68 a | 0,67 a | 0,56 a |
| | ---------- EDTA 0,01M ---------- | | | |
| 0 - 04 | 13,92 a | 7,39 b | 2,22 c | 1,74 c |
| 04 - 10 | 7,19 a | 2,30 b | 0,99 c | 0,91 c |
| 10 - 20 | 1,27 a | 0,29 b | 0,54 b | 0,70 b |
| 20 - 30 | 0,15 a | 0,08 a | 0,31 a | 0,42 a |
| 30 - 40 | 0,09 a | 0,03 a | 0,24 a | 0,38 a |
| 40 - 50 | 0,01 a | 0,02 a | 0,21 a | 0,23 a |

*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Ao comparar os quatro métodos de extração dos teores disponíveis de Cu do solo, verificou-se que os ajustes das curvas de regressão linear, quando comparados dois a dois, apresentam regressão linear significativa, com valores de $R^2$ maiores que 0,95 em todos casos (Figura 1). Isso demonstra que todos os métodos são sensíveis às variações nas concentrações deste elemento no solo em função da aplicação de dejetos animais.

Entretanto, ao considerar as concentração de Cu no solo, nota-se que os maiores valores foram detectados quando usado o extrator EDTA, seguido por Mehlich-1, HCl e Mehlich-3. Ao analisar o coeficiente angular das equações de regressão ajustadas entre os métodos, é pos-

sível estimar que as concentrações de Cu extraídas por Mehlich-3, HCl e Mehlich-1 equivalem a aproximadamente 43, 70 e 81%, respectivamente, das concentrações deste elemento extraídas por EDTA (Figura 1D). Isso ocorre devido à maior afinidade do Cu com os grupos funcionais orgânicos, e uma vez que o EDTA atua como agente complexante, este extrator pode extrair teores além da fração trocável, ou seja, aquele adsorvido e/ou complexado em compostos orgânicos e hidróxidos do solo (RAURET, 1998).

## CONCLUSÕES

As aplicações sucessivas de dejetos animais sobre o solo durante 12 anos proporcionaram incrementos nos teores de Cu disponível até 20 cm de profundidade.

O tratamento CSS apresentou os maiores incrementos de Cu no solo em relação ao tratamento testemunha, tendo efeito até 20 cm de profundidade quando extraído por Mehlich-1, HCl e EDTA, e até 10 cm de profundidade quando extraído por Mehlich-3. Já o tratamento DLB foi o que apresentou os menores incrementos de Cu em relação à testemunha, tendo efeito significativo apenas na camada superficial e quando extraído por Mehlich-1 e HCl.

Os teores de Cu extraídos do solo pelos quatro métodos apresentaram alta correlação entre si. Entretanto, o extrator EDTA apresentou a maior capacidade de extração de Cu nesse Argissolo com adição sucessiva de dejetos animais, apresentando valores equivalentes a 1,2, 1,4 e 2,2 vezes aqueles extraídos por Mehlich-1, HCl e Mehlich-3, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ABPA, 2019. Produção brasileira de proteína animal. Brasília.

Couto RR, Faversani J, Ceretta CA, Ferreira PAA, Marchezan C, Basso Facco D, Garlet LP, Silva JS, Comin JJ, Bizzi CA, Flores EMM, Brunetto G. Health risk assessment and soil and plant heavy metal and bromine contents in field plots after ten years of organic and mineral fertilization. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2016. 153p.

CQFS-RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCSNRS/EMBRAPA, 2016. 400p.

IBGE, 2019. Pesquisa Trimestral do Leite - Primeiros resultados Dados da quantidade de leite cru processado pela indústria.

Labhsetwar VK, Soltanpour PNA. Comparison of $NH_4HCO_3$DTPA, $NaHCO_3$, $CaCl_2$ and $Na_2$-EDTA soil tests phosphorus. Soil Sci Soc Am J. 1985; 49:1437-40.

Ribeiro MAC. Contaminação do solo por metais pesados [tese]. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias; 2013.

Mehlich A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH4 by North Carolina Soil Testing Laboratories. Raleigh, University of North Carolina, 1953.

Mehlich A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 1984; 15:1409-1416.

Rauret G. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. Talanta, 1998; 46:449-455.

Rodrigues LAT. Estoque de carbono no solo e em frações da matéria orgânica com o uso de dejetos e fertilizante mineral, a longo prazo sob plantio direto [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2017.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Yruela I. Copper in plants. Braz. J. Plant Physiol. 2005; 171: 145–156.

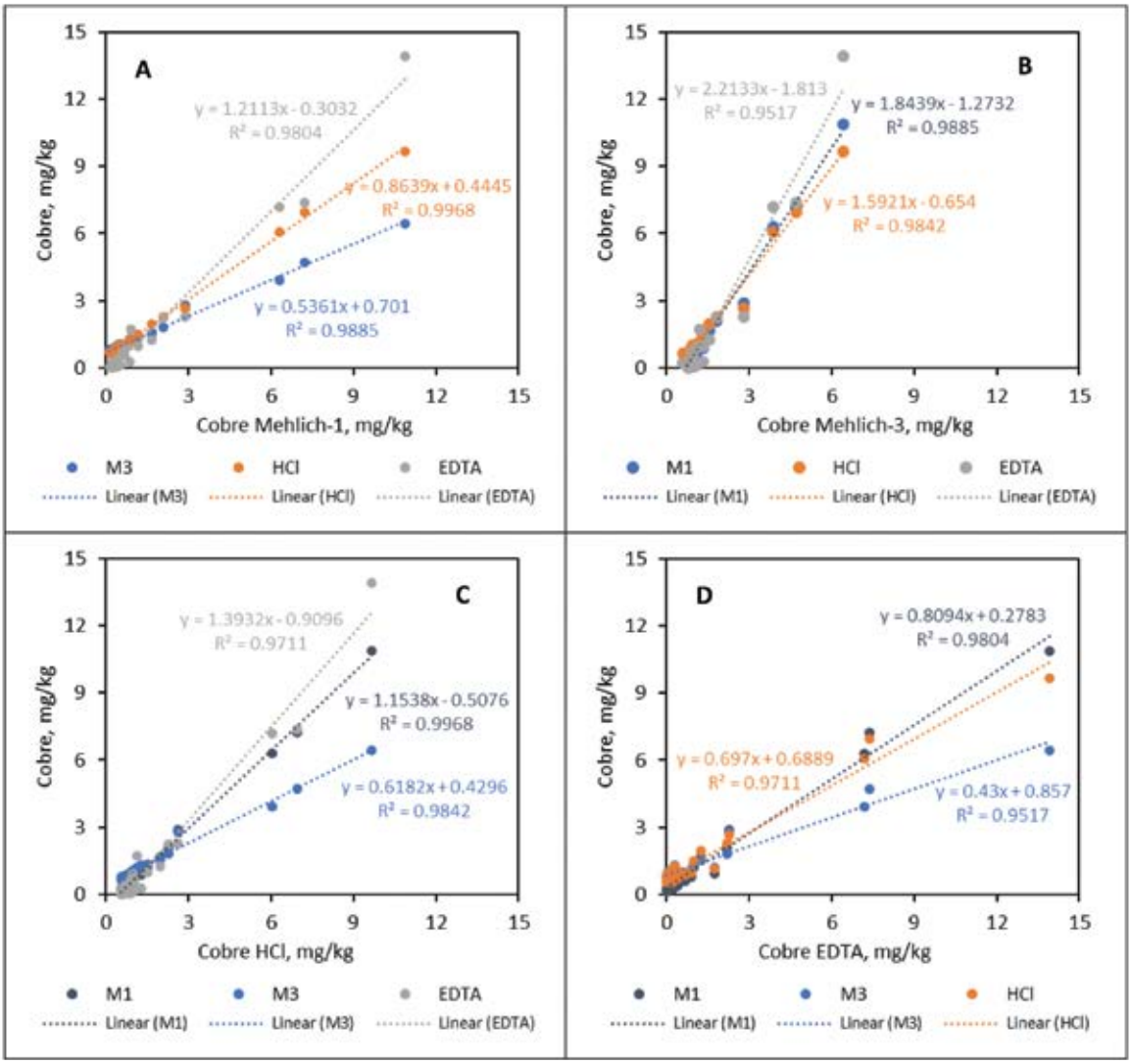



Figura 1. Análise de regressão dos teores de cobre no solo dos quatro tratamentos e seis camadas do experimento com aplicação de fontes orgânicas sobre um Argissolo extraídos por diferentes métodos, comparando os resultados de Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), HCl 0,1 mol $L^{-1}$ (C) e EDTA 0,01 mol $L^{-1}$(D) com cada um dos outros três extratores.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Teores de Cobre, Fósforo e Potássio em Solos de Vinhedos

Elisangela Sordi[1]; Renata Rebesquini[2]; Pedro Alexandre Varella Escosteguy [3]; Edson Campanhola Bortoluzzi[4]

[1]Doutorando em Agronomia, Universidade de Passo Fundo (UPF) Endereço: elisangelasordi@hotmail.com; [2] Mestranda em Agronomia, Universidade de Passo Fundo (UPF); [3] Professor, Universidade de Passo Fundo (UPF); [4] Professor, Universidade de Passo Fundo (UPF)

## INTRODUÇÃO

O cobre (Cu) é um elemento químico, que ocorre naturalmente, em solos e rochas. Nos solos, tem origem litogênica e antropogênica. Em solos cultivados com videira, é comum a utilização de fungicidas cúpricos, como a calda bordalesa [($CuSO_4.5H_2O$ + $Ca(OH)_2$)] para controle de doenças. Esse produto é utilizado em aplicações foliares, e, com o decorrer dos anos, há um acumulo de Cu no solo (CASALI et al., 2008; CHAIGNON et al., 2003).

As aplicações da calda bordalesa, quando realizada sem critérios técnicos, podem contaminar o solo. Nesse contexto, são fundamentais a quantificação e o monitoramento do teor de Cu nos solos e verificar sua transferência entre os compartimentos (CASALI et al., 2007). Em determinadas regiões do Rio Grande do Sul (RS), como em cultivos centenários de videiras na Serra Gaúcha, foram verificados teores desse metal no solo, superiores aos tolerados na legislação (BORTOLUZZI et al., 2019; KORCHAGIN et al., 2020).

Nas regiões da Serra Gaúcha e da Campanha do Rio Grande do Sul, que são tradicionais no cultivo da videira, estudos referentes ao Cu no solo já são bastante presentes na literatura (MELO; ZALAMENA, 2016). Entretanto, os trabalhos que visam estudar a cultura da videira em solos pouco intemperizados ainda são escassos.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os teores de Cu e a fertilidade dos solos de vinhedos pouco intemperizado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Seleção dos locais

A seleção das propriedades rurais foi considerando o tempo de cultivo de videiras, preferencialmente os mais antigos; e o tipo de solo Em sítio adjacente fez-se a coleta em área de mata. As coletas de solos foram realizadas no mês de março de 2019. No total foram coletadas em sete propriedades produtoras de videira (Tabela 1).

### Amostragens

As amostras foram coletadas, na camada de 020 cm, de acordo com os procedimentos sugeridos por CQFS-RS/SC (2016), para a cultura da videira. Depois de coletados, os solos foram secados ao ar, moídos, peneirados em peneira com malha de 2,0 mm.

### Análises de solos

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Uso e Manejo do Território e Recursos Naturais e de Solos, da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo, RS, conforme descrito em Tedesco et al. (1995). Foram analisados a acidez ativa e potencial do solo e os teores de Cu, fósforo (P) e potássio (K). Esses nutrientes foram extraídos com o método Mehlich-1. A determinação de P foi efetuada por colorimetria, a 882 nm; a de Cu, em espectrofotômetro de absorção atômica; e a de K, em fotômetro de chama.

### Análise estatística

Os resultados foram analisados com estatística descritiva, comparando os teores do solo sob videira com o da mata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P disponíveis, nas áreas de cultivo estudadas (Tabela 2), foram maiores de 2 a sete vezes aos indicados para o cultivo de videira (12 e 127 mg P/dm$^3$ (CQFS-RS/SC, 2016). Vale ressaltar que os teores de P do solo de vinhedos foram até 48 vezes superior ao da mata nativa. Nos Neossolos, cujo teor de argila foi menor que 20%, os teores de P foram maiores que 60 mg/dm$^3$, considerados altos, em solos com o essa concentração de argila. Já nos Latossolos, o teor de argila variou entre 41 e 60% e os teores de P foram maiores que 36 mg/dm$^3$, também considerados elevados (CQFS-RS/SC, 2016). Estes teores elevados podem ocorrer devido ao excesso de aplicações de fertilizantes fosfatados, conforme observado em outros cultivos de videira, como em Urussanga (SC), causando, muitas vezes, a contaminação de mananciais hídricos (SERPA et al., 2018).

Os teores de K dos solos monitorados foram menores que o valor indicado para o cultivo de videira (210 mg K/dm$^3$. Possivelmente, isso ocorre pelo fato de que o K é um dos nutrientes mais exigido pela cultura (ALBUQUERQUE et al., 2005; SILVA et al., 2014), e, consequentemente, exportado com as uvas colhidas. Somado a isso, o teor de K do material de origem é elevado (mata nativa) o que contribui para maiores teores de K no solo.

Os teores de Cu nos solos dos vinhedos da região de Sarandi, na sua maioria (Tabela 2), variaram entre 60 a 125 mg/dm$^3$, que são considerados críticos, em solos de vinhedos (ALLOWAY, 1995). No entanto, os teores desse elemento foram mais de dez vezes superior ao natural do solo. Em outras regiões com o cultivo tradicional de videira, como na Serra Gaúcha e no meio Oeste de Santa Cantarina, é comum teores de Cu do solo maiores que esse (BORTOLUZZI et al., 2019, BRUNETTO et al., 2014); e pode comprometer o desenvolvimento das videiras (FACCO et al., 2018).

Cerca de metade dos solos monitorados apresentaram pH em água próximo a 6,0 (Tabela 2), valor considerado adequado para o cultivo (CQFS-RS/SC, 2016). Essa situação é semelhante ao observado na Serra Gaúcha (MELO; ZALAMENA, 2016), embora seja necessário, em alguns vinhedos, a correção da acidez, para a melhor disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento da cultura. A variação dos valores do índice SMP abrangeu uma grande amplitude, indicando que a necessidade calcário varia entre as áreas monitoradas.

## CONCLUSÕES

Os teores de Cu dos solos de vinhedos do município de Sarandi, apesar de estarem sob videiras tratadas com calda bordalesa, há mais de duas décadas não excedem o teor crítico indicado para o cultivo de videiras.

Além de monitorar o teor de cobre, nesta região deve-se estar atento para o teor de outros nutrientes, como o K e o P, que também podem causar problemas de contaminação ambiental, quando em excesso.

**AGRADECIMENTOS:** À CAPES pela Concessão de bolsa de doutorado PROSUC/CAPES. Ao CNPq pela concessão de bolsa produtividade em Pesquisa PQ 2 a ECB.

## REFERÊNCIAS

Albuquerque TCS de, Albuquerque AAR de, DEON MD. Exportação de nutrientes pelas videiras cvs. Itália e Benitaka cultivadas no Vale do São Francisco. In: Anais do X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XII Congresso Latino Americano de Fisiologia Vegetal, 2005; Recife.

Alloway BJ. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional; 1995. 368p.

Bortoluzzi EC, Korchagin J, Monterle DF, Santos DR dos, Caner L. Accumulation and precipitation of Cu and Zn in a centenarian vineyard. Soil Sci. Soc. Am. J. 2019; 83:492–502. https://doi.org/10.2136/sssaj2018.09.0328.

Brunetto G, Schmitt DE, Comin J. J.; Miotto A, Moraes MP de, Heinzen J. Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio Oeste de Santa Catarina. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2014; 18:805-810. http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v18n08p805–810.

Casali CA, Moterle DF, Corcini ALM, Rheinheimer D dos S, Brunetto G, Melo GWB de. Formas de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo. agosto 2007; Gramado. 2007.

Casali CA, Moterle DF, Rheinheimer D dos S, Brunetto G, Corcini ALM, Kaminski J, Melo GWB de. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. R. Bras Ci Solo. 2008;32:1479-1487.

Chaignona V, Sanchez-Neirab I, Herrmannb P, Jaillarda B, Hinsinger P. Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area. Environmental Pollution. 2003;123:229–238.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11 ed. Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

Facco DB, Ferreira PAA, Trentin E, Hammerschmitt RK, Conti L de, Ceretta CA. Crescimento e acúmulo de cobre em porta-enxerto de videiras jovens submetidas a doses crescentes de cobre. In: Anais da XII Reunião Sul Brasileira de Ciências do Solo; abril 2018; Xanxerê. Xanxerê: Universidade do Oeste de Santa Catarina; 2018.

Korchagin J, Moterle DF, Escosteguy PAV, Bortoluzzi EC, Distribution of copper and zinc fractions in a Regosol profile under centenary vineyard. Environmental Earth Sciences. https://doi.org/10.1007/s12665-020-09209-7

Melo GW, Zalamena J. Retrato da Fertilidade de Solos Cultivados com Videira nas Regiões da Serra e Campanha Gaúcha. Bento Gonçalves: Embrapa; 2016 (Comunicado Técnico 181).

Serpa IS, Bordallo SU, Bueno AC, Morais GP, Bruna ED, Lourenzi CR. Fósforo Disponível e Limite Crítico Ambiental em Solos de Vinhedos na Região de Urussanga (SC). In: Anais da XII Reunião Sul Brasileira de Ciências do Solo; abril 2018; Xanxerê. Xanxerê: Universidade do Oeste de Santa Catarina; 2018.

Silva DJ, Silva AO da, Bassoi LH, Costa BRS, Teixeria RP, Souza RRM de. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videira 'Syrah'

no Semiárido. Irga. 2014;168-178. https://doi.org/10.15809/irriga.2014v1n1p168.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

**Tabela 1.** Localização geográfica e idade dos vinhedos do munícipio de Sarandi, Rio Grande do Sul

| Vinhedo | Tipo de solo | Idade (década) | Localização geográfica |
|---|---|---|---|
| 1 | Neossolo | 2 | 27°49'13.7"S 53°01'29.5"W |
| 2 | Neossolo | 3 | 27°52'33.4"S 53°01'17.3"W |
| 3 | Neossolo | 2 | 27°52'00.9"S 53°00'43.5"W |
| 4 | Neossolo | 2 | 27°52'26.4"S 53°01'21.0"W |
| 5 | Neossolo | 2 | 27°52'00.3"S 53°00'46.1"W |
| 6 | Latossolo | 4 | 27°50'32.2"S 52°59'49.6"W |
| 7 | Neossolo | 6 | 27°52'05.4"S 53°01'08.2"W |
| Mata nativa 1 | Latossolo | - | 27°50'33.3"S 52°59'55.6"W |
| Mata nativa 2 | Neossolo | - | 27°52'06.3"S 53°01"10.7"W |

**Tabela 2.** - Atributos químicos da camada 0-20 cm dos solos de vinhedos e de mata nativa do munícipio de Sarandi, RS

| Solo | Cobre (mg/dm³) | Fósforo (mg/dm³) | Potássio (mg/dm³) | Índice SMP | Potencial de hidrogênio (pH) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15,84 | 188,49 | 521,82 | 6,38 | 5,59 |
| 2 | 22,63 | 139,54 | 375,98 | 6,24 | 5,95 |
| 3 | 49,52 | 841,52 | 331,82 | 6,16 | 6,07 |
| 4 | 24,09 | 130,96 | 291,68 | 5,96 | 5,61 |
| 5 | 12,14 | 75,49 | 200,70 | 5,72 | 5,33 |
| 6 | 64,73 | 251,03 | 331,82 | 6,59 | 6,84 |
| 7 | 127,24 | 88,17 | 286,33 | 5,64 | 5,49 |
| Mata nativa 1 | 6,67 | 4,41 | 92,0 | 4,7 | 5,3 |
| Mata nativa 2 | 9,90 | 17,4 | 283,0 | 6,0 | 6,2 |

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Uso de Dejeto Suíno em Plantio Clonal de Eucalipto: Mobilidade de Cobre e Zinco no Solo

Leonardo Packer de Quadros[1]; Henrique Almeida Santos Ducheiko[1]; Marcia Toffani Simão Soares[2]; Shizuo Maeda[2]; João Bosco Vasconcellos[2]; Guilherme de Castro Andrade[2]

[1]Acadêmicos em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Rua dos funcionários, 1540, Curitiba – Paraná, 80035-050, leonardopacker51@gmail.com; [2]Engenheiros Agrônomos, Doutores, Pesquisadores da Embrapa Florestas, PR

## INTRODUÇÃO

A suinocultura nacional contribui significativamente para a balança comercial do agronegócio brasileiro, ofertando aos consumidores proteína com qualidade, padrão sanitário e preços que permitem o setor consolidar e ampliar sua participação nos mercados nacional e internacional (MARTINS et al., 2020).

Apesar dos significativos avanços tecnológicos no manejo e nutrição animal alcançados nos últimos anos, o destino dos dejetos ainda é motivo de apreensão para o setor produtivo, pelo grande volume gerado e pelo potencial impacto ambiental em regiões onde há maior concentração de granjas suinícolas (VARGAS et al., 2019). O tratamento e uso deste resíduo em culturas agrícolas e florestais constitui uma alternativa plausível de disposição, ao possibilitar a reposição de água e nutrientes para o sistema de produção, economia na aquisição de insumos e potenciais ganhos em produção.

Otimizar o uso agrícola e florestal de dejeto líquido de suínos (DLS) requer monitoramento da qualidade do resíduo utilizado, ajustes para sincronismo da oferta de nutrientes ao ciclo fisiológico das plantas e as condições do ambiente, assegurando ganhos para o sistema produtivo e proteção ambiental.

O Cu e o Zn, presentes em quantidades variáveis no DLS, são micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, participando da integridade funcional e estrutural de membranas, atuando assim em mecanismos de resistência das plantas à doenças (MASULLO, 2018). Por outro lado, o acúmulo destes elementos no solo pode resultar em prejuízos no rendimento de plantas comerciais e contaminação ambiental (SCHERER at al., 2010), o que demanda cautela em seu uso agrícola e florestal.

O presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito da aplicação de dejeto líquido de suínos tratado (DLS) nos teores de cobre (Cu) e zinco (Zn) disponíveis em um Latossolo Vermelho Distrófico sob plantio de *Eucalyptus urophylla* clone AEC 144, no município de Terra Roxa, Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está sendo conduzido em propriedade da Cooperativa Agroindustrial C.

Vale, localizado no município de Terra Roxa, localizado na Bacia Hidrográfica do Paraná III, a oeste do estado do Paraná. O local do experimento corresponde a área de reforma anteriormente cultivada com eucalipto, com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura média e relevo plano a suave ondulado.

O preparo da área envolveu o controle de plantas invasoras e rebrota, aplicação de iscas formicidas e de calcário dolomítico na dose de 2 t $ha^{-1}$ e subsolagem na linha de plantio. Em 18 de maio de 2018 ocorreu o plantio das mudas *Eucalyptus urophylla*, clone AEC 144 com 6 $m^2$ de área por planta.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro blocos e sete tratamentos, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram T1 = Controle, sem aplicação de DLS; T2 = 10 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS; T3 = 20 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS; e T4 = 40 $m^3$ $ha^{-1}$ de DLS, T5= 80 $m^3 ha^{-1}$, todos sem suplementação mineral, T6 = 10$m^3$ $ha^{-1}$ de DLS + suplementação fosfatada de referência; e T7 = fertilização mineral de referência (GONÇALVES et al., 1997; BELLOTE; NEVES, 2001).

O DLS tratado utilizado no experimento foi obtido do sistema de lagoas de estabilização das granjas suinícolas de cria da Fazenda Piquiri da Cooperativa Agroindustrial C. Vale, localizada no município de Assis Chateaubriand, PR. As doses de DLS tratado foram definidas com base na recomendação de fertilização nitrogenada encontrada em Gonçalves et al., (1997).

A aplicação do DLS foi realizada em 18 de agosto de 2018, em cobertura nas entrelinhas de plantio, em distância mínima de 50 cm das mudas estabelecidas à campo. O DLS utilizado apresentou os seguintes teores totais (g $L^{-1}$): N = 4,04, Cu = 0,18 e Zn = 1,3.

Em 03 outubro de 2018 (2 meses após aplicação do DLS), foram obtidas, com o auxílio de trados, amostras simples do solo nas parcelas dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. As amostras foram reunidas, homogeneizadas e encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos da UFLA para a determinação dos teores de Cu e Zn disponíveis por Mehlich-1.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias e Shapiro - Wilk para a normalidade das médias, com eliminação de valores discrepantes ("outliers"), quando necessário.

Regressões polinomiais, linear e quadrática, foram testadas para ajuste dos teores de nutrientes em função da dose do DLS, com a escolha dos melhores ajustes em função do nível de significância ($p<0,01$) e valor de $R^2$. Médias ponderadas para a camada 0-20 cm foram obtidas e comparadas com os valores de referência apresentados por Pauletti & Motta (2017). A análise estatística foi realizada com auxílio do Software R versão 3.6.1, com os pacotes Psych, agricolae, MASS e ExpDes.pt, e pelo Software SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do Dejetos Líquido Suíno tratado (DLS) resultou em significativo aumento dos teores de Cu e Zn nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo aos 2 meses após aplicação do DLS (**Figura 1 e Tabela 1**). O maior aporte de Cu e Zn ocorreu nas doses de 40 e 80 $m^3$ $ha^{-1}$, na profundidade 0-20 cm (**Figura 2 e Tabela 1**), que atingiu teores classificados como "muito alto" ou "condições a se evitar", conforme valores de referência apresentados por Pauletti & Motta (2017). Para os dois nutrientes, foi possível ajustar modelos quadráticos nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 0-20 cm do solo (**Tabela 1 e Figura 2**).

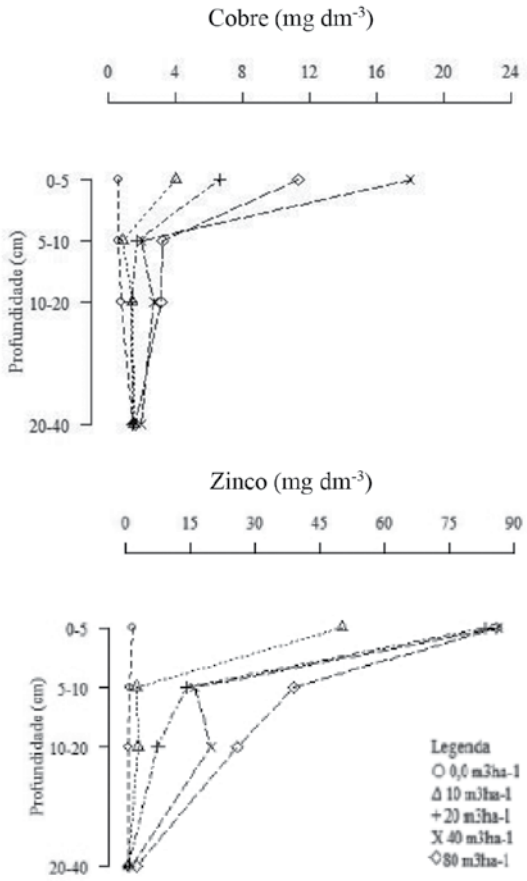



Figura 1. Teores Cu e Zn disponíveis (Mehlich-1) em Latossolo Vermelho Distrófico fertilizado com dejeto líquido de suínos tratado sob plantio de *Eucalyptus urophylla* clone AEC 144 em Terra Roxa, Paraná. Médias obtidas a partir de valores não transformados, após exclusão de valores discrepantes da camada 0-5 cm dos teores de Cu e Zn.

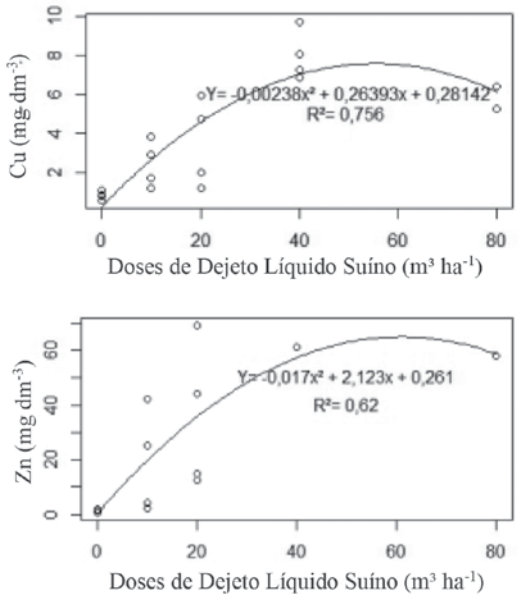



Figura 2. Relações entre doses de dejeto líquido de suínos tratado ($m^3\ ha^{-1}$) e teores de Cu e Zn disponíveis (Mehlich-1) na camada 0-20 cm de Latossolo Vermelho distrófico, sob plantio de *Eucalyptus urophylla* AEC 144, Terra Roxa, Paraná. Modelos obtidos a partir das médias ponderadas, após exclusão de valores discrepantes.

Doses do DLS entre 2,5 a 11,5 $m^3\ ha^{-1}$ e 0,5 a 4,8 $m^3\ ha^{-1}$, respectivamente para Cu e Zn, mantém ou alteram seus teores na camada 0-20 cm para o nível "alto", correspondente a um rendimento de 90 a 100% da produção máxima (PAULETTI; MOTTA, 2017). Importante salientar que o uso dos valores de referência de micronutrientes requer cautela, pois são poucos os resultados disponíveis com calibrações, com resultados variáveis (PAULETTI; MOTTA, 2017).

O significativo aumento dos teores de Cu e Zn na camada superficial do solo reflete o modo em que o DLS foi aplicado, em cobertura e sem incorporação, conforme também observado por Scherer et al. (2010) e Lourenzi et al. (2016) e à qualidade do DLS aplicado, com concentração de Zn bem acima de verificados em outros estudos (PERDOMO, 1996; SEGANFREDO, 1998). Fatores como o uso farmacológico dos micronutrientes no rebanho suíno (CORRÊA et al., 2013), a baixa taxa de conversão da alimentação animal em proteína (KONZEN, 2003) e aspectos relativos à eficiência do processo de tratamento dos resíduos (VIVIAN et al., 2010) podem alterar significativamente o teor de Zn dos efluentes tratados e passíveis de aplicação no solo. Por isso, é desejável que o ajuste de doses em plantações comerciais ocorra concomitante ao monitoramento e adequação, quando necessário, de outros segmentos do sistema produtivo, como a nutrição animal (CANIATTO, 2011) e o

tratamento dos efluentes, com vistas ao maior controle de nutrientes potencialmente poluidores no ambiente.

## CONCLUSÕES

A aplicação de DLS resultou em aumento das concentrações de Cu e Zn nas camadas superficiais do solo aos 2 meses da aplicação do resíduo.

Há necessidade de calibração das doses visando maior eficiência do uso de nutrientes pelo eucalipto e redução de perdas do sistema de produção.

## AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Bioeste Florestas, uma parceria da Embrapa Florestas, Itaipu Binacional, CIBiogas e Funpar.

A Cooperativa Agroindustrial C.Vale pela área, pelo suporte da equipe técnica bem como dos insumos necessários na implementação e condução para o ensaio.

## REFERÊNCIAS

Bellote AFG, Neves EJM. Calagem e adubação de espécies florestais plantadas na propriedade rural. In: Circular técnico Embrapa Florestas, 2001. [Acessado em 22: ago. 2020] Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/ 306311/1/CT0054.pdf

Caniatto, ARM. Minerais orgânicos e fitase como redutores do poder poluente de dejetos suínos [dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo; 2011.

Corrêa JC; Barilli J; Rebellatto A; Veiga M; Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo. In:Informativo Técnico Nº. 235 Embrapa Suínos e Aves, mar/2013 [Acessado em: 22 ago. 2020]. Disponível:http://www.sossuinos.com.br/Tecnicos/info 235.htm

Gonçalves JLM, Barros NF, Nambiar EKS, Novaes RF. Soil and stand management for short-rotation plantations. Management of soil, nutrientes and water in tropical plantation forest; 1997.p. 379-418.

Konzen EA.Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. Circular Técnica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.3 p.

Lourenzi CR, Scherer EE, Ceretta CA, Tiecher TL, Cancian A, Ferreira PAA, Brunetto G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejeto líquido de suínos. Pesqui Agropecu Bras. 2016;51:233–242.

Martins F, Talamini D, Filho J dos S. Anúario 2020 da suinocultura industrial. Suinocultura Ind. 2019;6:7.

Masullo LS. Crescimento, nutrição e fitossanidade de povoamentos de eucalipto fertilizados com boro, cobre e zinco na presença e ausência de resíduos florestais. 2018;

Pauletti V, Motta ACV. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2017.

Perdomo CC. Uso racional de dejetos suínos. In: Anais.Seminário Internacional De Suinocultura, 1. Campinas, SP. p1-19. 1996.

Seganfredo M.A. Efeitos de dejetos de suínos sobre o Ntotal, amônio e nitratos na superfície e subsuperfície do solo. In: Anais Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2. Santa Maria – RS. 1998.

Scherer EE, Nesi CN, Massotti Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas apli-

cações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*. 2010; *34*(4), 1375–1383.

Vargas LP, Bernardo EL, Miranda, CR, Monticelli, C J; Pedrassani D.SUINOCULTURA E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: TRANSFORMAÇÕES NA SUB-BACIA DO LAJEADO DOS FRAGOSOS ENTRE OS ANOS 1999 E 2016. PERSPECTIVA, Erechim. v. 43, n.163, p. 27-37, setembro/2019.

Vivan M, Kunz A, Stolberg J, Perdomo C, Techio VH. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. Rev Bras Eng Agrícola e Ambient. 2010;14:320–325.

**Tabela 1.** Relações entre doses de dejeto líquido de suínos tratado ($m^3\ ha^{-1}$) e teores de Cu e Zn disponíveis ($Mehlich^{-1}$) em Latossolo Vermelho Distrófico, sob plantio de *Eucalyptus urophylla* AEC 144, em Terra Roxa, Paraná[1]

| Profundidade (cm) | Cu, mg $dm^{-3}$ (Equação) | $R^2$ | n | Zn, mg $dm^{-3}$ (Equação) | $R^2$ | n |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 a 5 | $Y= -0,0069x^2 + 0,79x -1,22$ | 0,77* | 18 | $Y= -0,051x^2 + 6,24x + 2,81$ | 0.58* | 14 |
| 5 a 10 | $Y= -0,0002x^2 + 0,06x + 0,73$ | 0,49* | 20 | $Y= 0,001x^2 + 0,49x + 1,48$ | 0,55* | 20 |
| 10 a 20 | $Y= -0,0004x^2 + 0,07x + 0,94$ | 0,47* | 20 | $Y= -0,004x^2 + 0,74x -1,28$ | 0,48* | 20 |
| 20 a 40 | - | n.s. | 20 | - | n.s. | 20 |
| 0 a 20 | $Y= -0,002x^2 + 0,26x + 0,28$ | 0,77* | 20 | $Y= -0,017x^2 + 2,12x + 0,26$ | 0,62* | 20 |

(1) *Significativo a 1% de probabilidade. Modelos obtidos a partir de valores não transformados, após exclusão de valores discrepantes da camada 0-5 cm (Cu: B1T5, 52,31 mg $dm^{-3}$; B3T5, 60,81 mg $dm^{-3}$; Zn: B1T4 569,08 mg $dm^{-3}$; B1T5 635,19 mg $dm^{-3}$; B2T4 383,74 mg $dm^{-3}$; B2T5 238,15 mg $dm^{-3}$; B3T4 304,85 mg $dm^{-3}$; B3T5 747,55 mg $dm^{-3}$).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Utilização de resíduo da indústria farmacêutica como fertilizante na cultura da soja

Alan Lavratti [1]; Daniel Stanck [1]; Jessé Fink[2]; Kain Sebastiani[1]; Kelyn Henkemaier[1]

[1] Estudante de Agronomia; Instituto Federal do Paraná - IFPR, Campus Palmas; Av, Bento Munhoz da Rocha Neto, Trevo da Codapar, Palmas PR; CEP: 85,555-000; [2] Professor; Instituto Federal do Paraná - IFPR, Campus Palmas.

## INTRODUÇÃO

O aumento populacional no mundo vem acompanhado do crescimento industrial, o qual gera resíduos industriais sem destino definido (FREIRE et al,.2000). Os resíduos líquidos originam-se da utilização da água para finalidades industriais e adquirem características próprias, de acordo com o tipo de processo utilizado (GELLA, 2008).

A indústria farmacêutica é responsável por parte dos resíduos gerados no mundo e muitas vezes são descartados de forma inadequada podendo gerar sérios riscos ao meio ambiente. Uma correta utilização desses resíduos pode diminuir o custo para a correção dos solos brasileiros, que geralmente são deficientes em nutriente e tem uma alta dependência de fertilizantes para alcançar produtividades satisfatórias (NOGUEIRA, 2014).

Um dos grandes empecilhos para a adequada gestão destes resíduos é o desconhecimento de sua composição, o que inviabiliza aperfeiçoar os processos de tratamento e valorização destes materiais (CRUZ, 2005). Alguns trabalhos indicam que a utilização de alguns resíduos industriais pode propiciar produtividades das culturas agrícolas similares às adubações com fertilizantes industriais (Da ROCHA, 2013; RIBEIRO 2006; GOMES et al, 2007). Contudo, o uso de resíduos industriais como fontes de nutrientes para as plantas deve seguir recomendações técnicas, pois a utilização inadequada pode causar prejuízos ao meio ambiente, ao homem e aos animais (COSTA et al., 2001).

Objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de resíduos da indústria farmacêutica (RIF) sobre teores de Na, P e K ao longo do tempo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido Palmas, Paraná. O solo utilizado foi coletado na área experimental, livre de atividades antrópicas. Uma amostra de solo foi seca ao ar, moída e passado em peneira de 2mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A análise química indicou os seguintes parâmetros: Na 0,14 mg $kg^{-1}$; P 2,55 mg $kg^{-1}$; K 304 mg $kg^{-1}$ ; Al 0,57 $cmol_c$ $kg^{-1}$; MO 39,32 g $kg^{1}$ e pH $H_2O$ 5,5.

O experimento foi conduzido em vasos (5 kg de solo) nos quais adicionou-se 13,1 g $kg^{-1}$ de calcário (26,2 t $ha^{-1}$) para o ajuste do pH a 6,0; 2 g P $kg^{-1}$ (equivalente a 350 kg $ha^{-1}$, na forma de supersimples); e 1,9 g K $kg^{-1}$ (equivalente 333,33

kg $ha^{-1}$, na forma de KCl), de acordo com a recomendação para fósforo em nível e potássio muito baixo (CQFS-RS/SC, 2016).

Os vasos foram dispostos de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em um esquema fatorial 5 x 3 (cinco doses de RIF x 3 períodos de avaliação). As doses de RIF foram 0, 57, 114, 228 e 342 ml por vaso que equivale a 0, 10, 20, 40, 60 $m^3$ $ha^{-1}$. Os tempos de avaliações foram correspondente à 0, 90 e 146 dias após aplicação do RIF. O RIF aplicado ao solo continha os seguintes elementos. Na 2400 mg $L^{-1}$, P 1205 mg $L^{-1}$, K 595 mg $L^{-1}$, C orgânico 83594 mg $L^{-1}$. Após a aplicação dos tratamentos, em cada vaso, 2 sementes de soja foram semeadas e cultivadas até R5.3.

Nas amostras de solo coletadas em cada período de avaliação determinou-se o teor de Na, K, P extraíveis pela solução Mehlich I, de acordo com (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), no programa estatístico Statistix 10, e, conforme a significância ($p<0,05$), as médias foram comparadas através da análise de regressão linear.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Na e P no solo foram influenciados pela interação entre as doses e o tempo após a aplicação do RIF ($p<0,05$). No Tempo-0 (logo após a aplicação do RIF), os teores de Na e P no solo aumentaram linearmente em função da dose do RIF adicionado (Figura 1). O aumento médio de Na e P no solo foi de 13,1 e 0,17 mg $m^{-3}$ de RIF aplicado, respectivamente. Isso está diretamente ligado à concentração deste elemento no RIF. Com o passar do tempo, nas coletas realizadas 90 e 146 dias após a aplicação do RIF, os teores de Na e P no solo mantiveram-se semelhantes para as diferentes doses RIF aplicado (Figura 1). Com exceção da dose 0 $m^3$ $ha^{-1}$ , o teor de Na e P no solo foram maiores para o Tempo-0 em comparação ao Tempo-90 e Tempo-146 em todas as doses de RIF aplicadas. Embora o experimento tenha sido conduzido em vasos, estes permaneceram sob condições ambientais, o que facilitou a lixiviação do Na, que é monovalente e adsorvido por força eletrostática de baixa intensidade. Infelizmente, a solução de lixiviação não foi avaliada, mas um experimento para verificar essa problemática será instalado. Resultados similares foram obtidos por (FERREIRA et al., 2003), os quais observaram que embora o teor de Na nos resíduos de curtume seja elevado, os teores de Na no solo que recebeu o resíduo foram baixos, devido à lixiviação do Na no período chuvoso. Esse aumento no teor de Na pode ser problemático para o solo, pois altas concentrações de Na pode dispersar a fração argila, causando o entupimento de poros, menor retenção de água no solo e menor quantidade de água disponível para as plantas em períodos longos de estiagem. O teor de P maior no Tempo0 em comparação ao Tempo-90 e Tempo-146, com exceção da dose 0 m3 ha-1 , pode estar também associado ao estádio de desenvolvimento da soja, a qual tem uma maior absorção do P nas fases reprodutivas. Segundo (CARMELLO et al., 2005), a soja apresenta uma taxa inicial de absorção de nutrientes bastante reduzida, devido ao seu pequeno crescimento nessa fase. A etapa de maior exigência nutricional inicia-se por volta dos 30 dias e se mantém elevada até o início do enchimento dos grãos, quando a fixação de nitrogênio e a atividade fotossintética são elevadas e produzem um desenvolvimento mais acelerado. Os teores de K no solo foram influenciados pelas épocas de avaliação do solo ou pelas doses de RIF aplicadas ($p<0,05$; Figura 2). O aumento das doses do RIF aplicado incrementou o teor de K no solo, o que está relacionado com a sua concentração do resíduo industrial. Todavia, os teores de K no solo diminuíram 146 dias após a

aplicação do RIF, independentemente das doses aplicadas ($p<0,05$; Figura 2). Possivelmente, os teores de potássio no solo diminuíram decorrente da absorção pelas plantas, pois para produzir 1 ton de grãos são necessários 38 kg de K2O, sendo que desse total, 20 kg são exportados das lavouras em forma de grãos (JUNIOR et al., 2013). Outra hipótese levantada é que essa perda se deu por lixiviação. Em trabalho realizado por (MELO et al., 2008) visando analisar a correção de solos salinosódicos pela aplicação de gesso mineral, chegaram à conclusão que as menores concentrações de K no solo são explicadas pela fácil lixiviação deste elemento, que é monovalente, e apresenta ligações mais fracas no solo. Embora o aumento no teor de Na no solo possa apresentar um problema do ponto de vista agrícola/ambiental, o aumento nos teores de P e K em função do RIF traz indícios que sua utilização pode ser benéfica. A utilização racional deste resíduo pode aportar parcialmente teores de nutrientes para o desenvolvimento das plantas de forma barata.

## CONCLUSÕES

A aplicação do RIF aumenta os teores de Na, P e K no solo, logo após aplicação. Com o passar do tempo devido à absorção de P e K pelas plantas e pela possibilidade de lixiviação do Na e K, os teores dos elementos diminuem no solo, independente das doses utilizadas.

## REFERÊNCIAS

Carmello DE Camargo Augusto Q, Carmello De Oliveira Alvares F. Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. Visão agrícola. 2005; p811.

Cruz R F L M. A caracterização de resíduos sólidos no âmbito da sua gestão integrada. Braga Portugal: Universidade do Minho; 2005.

Costa N C, Castilhos D, Passianoto C. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. Current Agricultural Science and Technology, v. 7, n. 3, 2001[ Acesso em 19 de junho 2020. Disponível em: HTTPS://DOI.ORG/10.18539/CAST.V7I3.403

Da Rocha Marinho Tenório I, Da Silva Vicente A, De Souza Farias R, Ferreira Pantaleão Thales J. Uso de resíduos como fonte de nutrientes na agricultura. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. 2013; v8. p. 47-52.

De Oliveira Junior A, De Castro C, De Oliveira Alvares F, Jordão Tadeu L. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. 2013 SET. file:///C:/Users/guerra/Downloads/Adubaopotssicadaso ja-cuidadosnobalanodenutrientes.pdf

EMBRAPA, SOJA. Tecnologias de produção de soja-Paraná-2001/2002. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E), 2001. [ Acessado em 28 de julho de 2020]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handl e/doc/450098

Ferreira, A. D. S., Camargo, F. A. D. O., Tedesco, M. J., & Bissani, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.27 n.4 Viçosa jul./ago. 2003. [Acesso em: 24 ago. 2020]. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pi d=S0100--06832003000400020&lng=pt&tlng=pt.

Freire, R. S., Pelegrini, R., Kubota, L. T., Durán, N., & Peralta-Zamora, P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. Quím. Nova vol.23 n.4 São Paulo July/Aug. 2000.

Gella Bortolussi Lenia T. Remoção de elementos químicos da água residuária de Indústria farmoquímica utilizando a gramínea do gênero Cynodon. Maringá: Universidade Estadual de Maringá; 2008

GOMES, Samuel BV; NASCIMENTO, Clístenes WA; BIONDI, Caroline M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.11 no.5 Campina Grande Sept./Oc . 2007. [Acesso em 23 de julho de 2020]. Disponivel em: http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500002

Melo Ronaldo M, Barros Maria de F C, Dos Santos M P, Rolim M M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2008; v. 12, p. 376380.

Nogueira, N. O. Utilização de resíduos industriais como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o cafeeiro[tese]. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo; 2014.

Ribeiro. E. M. P. Produção e análise físico-química do adubo de descarte de couro bovino com ênfase no impacto ambiental e energético [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.; 2006.

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C. A., Bohnen, H., & Volkweiss, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais (Vol. 174). Porto Alegre: Ufrgs. (1995).

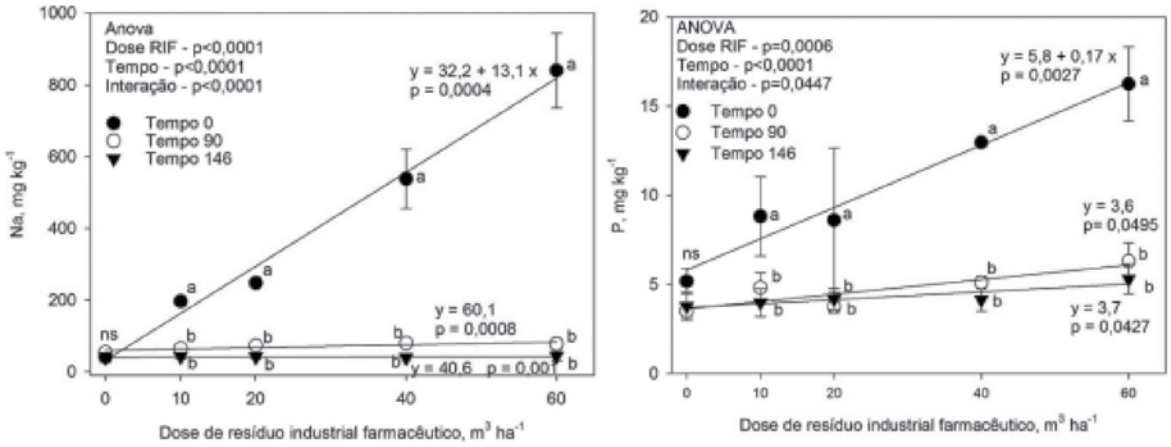



Figura 1. Teor de Na (à esquerda) e P (à direita) no solo em função da interação entre diferentes doses e períodos após a aplicação de RIF.

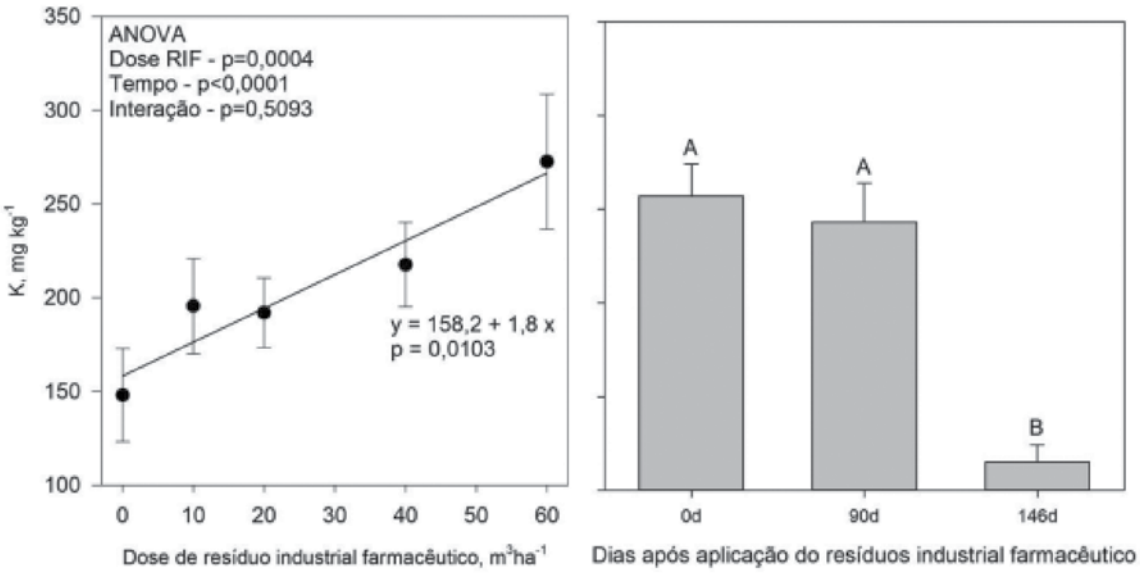



Figura 2. Teores de K no solo sob efeito de diferentes doses de RIF distintos tempos de coleta de solo (0, 90 e 146 dias após aplicação do resíduo).

**Retificação**

Os resumos abaixo listados foram aprovados e apresentados na XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, realizada nos dias 26 e 27 de novembro de 2020. Devido a problemas técnicos do sistema de submissão e avaliação dos trabalhos, 18 resumos não foram incluídos na primeira versão dos Anais da XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, mas para todos os fins, consideram-se aprovados e apresentados no mesmo evento científico.

30 de setembro de 2021.

Dr. Tales Tiecher
Diretor Presidente do NRS-SBCS
Gestão 2019-2020

Documento assinado digitalmente
Cledimar Rogerio Lourenzi
Data: 30/09/2021 14:03:32-0300
CPF: 003.865.810-02
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Dr. Cledimar Rogério Lorenzi
Diretor Presidente do NRS-SBCS
Gestão 2021-2022

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito do tempo de dessecação do trevo persa na composição da solução do solo e no desenvolvimento da cultura do arroz irrigado

**Aline Machado Alves[(1)]; Cristiano Weinert[(2)]; Lucas Vasconcellos dos Santos[(3)]; Rogério Oliveira de Sousa[(4)]; Filipe Selau Carlos[(5)]**

[(1)]Graduanda em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – Pelotas, RS; Campus Universitário, Capão do Leão - RS, 96010-610, e-mail: aline.m.alves@hotmail.com; [(2)]Eng. Agr. Mestrando em Manejo e Conservação do Solo e da Água pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); [(3)]Graduando em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel); [(4)]Professor titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas; [(5)]Professor adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas.

## INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado possui grande importância no Rio Grande do Sul, principalmente por se adaptar em solos hidromórficos. Seu cultivo ainda é realizado em grande parte em monocultivo no RS por longo prazo, sob sistema convencional de preparo do solo e em pousio no período de outono/inverno. Contudo, o cultivo de arroz contínuo na mesma área pode acarretar no aumento de infestação de plantas daninhas, bem como a degradação da estrutura do solo, causando a compactação superficial (MUNARETO et al., 2010) e redução da disponibilidade de nutrientes (CARLOS et al., 2020).

A maioria dos solos de terras baixas no Sul do Brasil, cultivados com arroz irrigado, possuem baixa fertilidade e baixos níveis de matéria orgânica (STRECK et al., 2018), demandando altas doses de fertilizantes para se obter um nível satisfatório de produtividade de grãos (CARMONA et al., 2016). Diante disso, tem sido estudado a adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas, sendo de grande importância para a sustentabilidade da atividade orizícola (MAASS et al., 2013).

Em ambiente de terras altas, há trabalhos que observam os benefícios do uso de plantas leguminosas no inverno, o que aumenta significativamente os teores de matéria orgânica do solo (MOS), quando comparado aos sistemas sem cobertura hibernal (VELOSO et al., 2018).

A utilização de forrageiras de outono/inveno pode ser uma alternativa em áreas de cultivo de arroz irrigado, com o objetivo de manter o solo coberto, diminuir a infestação por plantas daninhas, aumentar o aporte de resíduos vegetais que contribui para o aumento da MOS, além de possibilitar a ciclagem de nutrientes (GABA, 2015), bem como o aumento da produtividade da cultura.

Dentre as forrageiras hibernais, o trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) se destaca por ser uma planta tolerante ao excesso hídrico, possuindo ampla adaptação aos solos de terras baixas, como também sua precocidade de desenvolvimento e alta capacidade na produção de matéria seca (5-6 Mg $ha^{-1}$) (DA COSTA, 2005).

As leguminosas em geral possuem baixa relação C:N (<30), o que contribui para uma rápida mineralização dos resíduos vegetais. Em terras altas, em geral, posiciona-se um período de dessecação de leguminosas, como ervilhaca por exemplo, mais próximo a semeadura da cultura. Contudo, em terras baixas não se há informação, pois em geral são solos mal drenados onde é frequente a saturação do solo após a dessecação e esse fator pode afetar a mineralização dos resíduos. Além disso, o período de dessecação pode afetar a produção de ácidos orgânicos no momento de estabelecimento de lâmina de água na irrigação do arroz. Esses ácidos, principalmente o ácido acético, podem ser prejudiciais ao desenvolvimento da cultura do arroz.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do tempo de dessecação do trevo persa em componentes de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições, onde: o fator 1 constou de trevo persa como cobertura no período outono/inverno, semeado no dia 31 de abril de 2018, utilizando 10 plantas por vaso. O fator 2 foi composto de 4 épocas diferentes de tempos de dessecação, sendo 45, 30, 15, dias antes da semeadura (DAS) e 0 (no momento da semeadura), com duas doses de adubação nitrogenada, 0 e 150kg de N $ha^{-1}$ (a fonte de N utilizada foi a ureia). O solo utilizado para o experimento é um Planossolo Háplico (STRECK, 2018). As unidades experimentais foram compostas por amostras de 11 kg de solo seco por balde. O herbicida utilizado na dessecação foi Glifosato na dosagem de 3L $ha^{-1}$. A semeadura do arroz foi realizada no dia 11 de outubro de 2019. A cultivar de arroz utilizada foi a 424 RI. O corte do arroz bem como a avaliação da estatura, número de perfilhos e matéria seca foram realizadas no dia 6 de janeiro de 2020.

Foi feita a análise de variância dos dados e quando observado a significância pela análise de variância foi feita regressão linear dos atributos de plantas de arroz em relação as doses de nitrogênio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1a, 1b e 1c apresentaram a mesma tendência para os resultados de estatura de planta, número de perfilhos por vaso e matéria seca em relação ao manejo de dessecação. Dessa forma, quando a dessecação foi realizada mais próxima a semeadura, maiores foram os valores de estatura, perfilhos e matéria seca por vaso.

A maior resposta do arroz para a dessecação mais próxima da semeadura pode estar associada ao maior sincronismo entre a disponibilização de nutrientes pela leguminosa hibernal e a cultura do arroz. A menor relação C:N dessa leguminosa possivelmente acelera a mineralização dos resíduos vegetais.

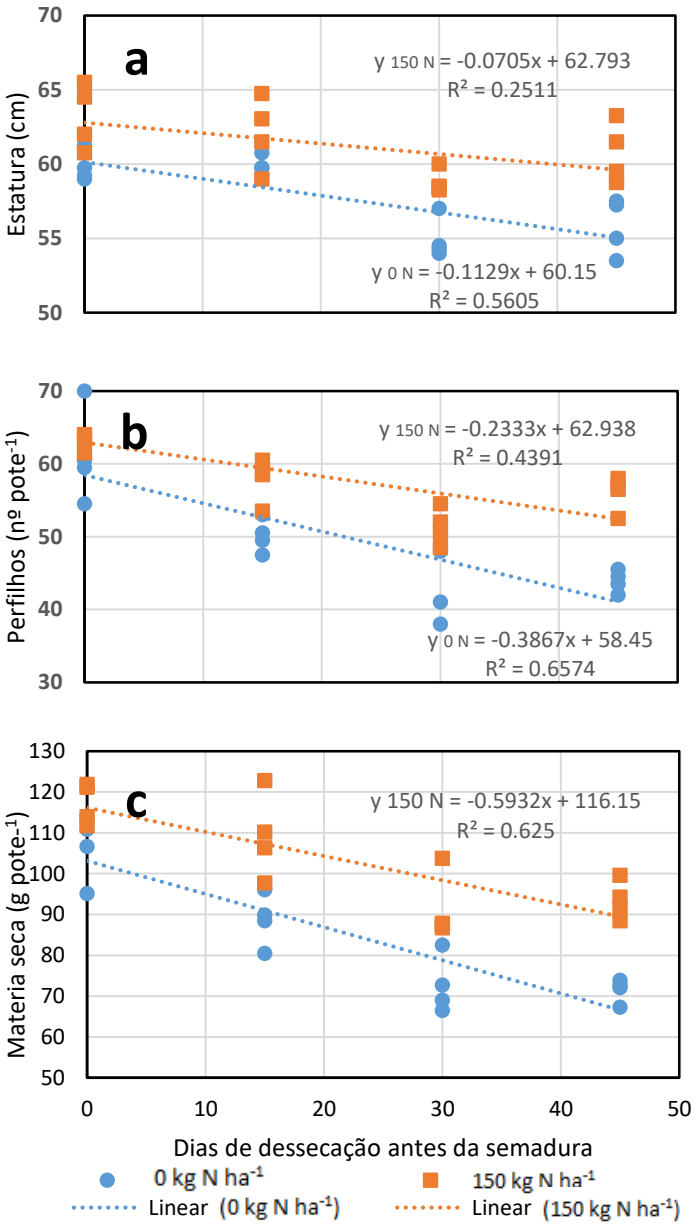



**Figura 1. (a)** Estatura, **(b)** Nº de perfilhos e **(c)** Matéria Seca; de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa sob diferentes tempos de dessecação e doses equivalentes a 0 e 150 kg N $ha^{-1}$. * indica significância estatística da regressão ($p<0,05$).

Tanto a estatura de plantas (figura1), quanto o número de perfilhos (figura 2) e a matéria seca (figura 3) foram influenciadas pelo tempo de dessecação, apresentando melhores respostas quando a dessecação ocorreu mais próxima da semeadura do arroz. Com as dessecações realizadas mais próximas da semeadura, há o aumento da duração do período de desenvolvimento da planta de cobertura, resultando em uma maior produção e acúmulo de

fotoassimilados nas plantas (CORREIA et al., 2013).

Conforme o aumento de dias no manejo de dessecação antes da semeadura, menor a estatura de plantas, o número de perfilhos e a quantidade de matéria seca, evidenciando que a dessecação realizada mais próxima da semeadura é mais vantajoso para a cultura sucessora, justamente em razão da maior velocidade de mineralização dos resíduos vegetais provenientes da cultura hibernal e rápida disponibilização de nutrientes, especialmente de nitrogênio que é altamente demandado pela cultura do arroz.

O nitrogênio é o nutriente de maior impacto na cultura do arroz em termos de resposta à adubação e por isso quando aplicado maiores doses de N as plantas apresentam maior desempenho em estatura, perfilhos e matéria seca. Contudo, observa-se que nas dessecações de 45 dias com dose aplicada de 150kg N $ha^{-1}$, as plantas apresentaram parâmetros de desenvolvimento similar a dessecações próximo a semeadura com dose de 0kg N $ha^{-1}$. Assim, o aporte de resíduos vegetais com baixa relação C:N influencia diretamente na disponibilidade de N mineral no solo, pois apresentam altas taxas de decomposição, contribuindo para a nutrição e desenvolvimento das plantas de arroz irrigado em sucessão (MENEZES, 2001).

## CONCLUSÕES

O tempo de dessecação do trevo persa afeta o desempenho agronômico de arroz irrigado em sucessão. Dessa forma, a dessecação quando realizada mais próxima da semeadura possivelmente ocasiona um melhor sincronismo e disponibilização dos nutrientes conforme a demanda pela cultura do arroz irrigado e impacta em maior estatura, perfilhos e produção de matéria seca. Em geral, o nitrogênio acarreta em maior acréscimo nos parâmetros de desenvolvimento da cultura do arroz.

## REFERÊNCIAS

Carlos FS, de Oliveira Denardin LG, Martins AP, Aghinoni I, de Faccio Carvalho PC, Rossi I, Buchain MP, Cereza T, de Campos Carmona F, de Oliveira Camargo FA. Integrated crop-livestock systems in lowlands increase the availability of nutrientes to irrigated rice. Land Degrad Dev. 2020; p. 1-11.

Carmona FC, Anghinoni I, Mezzari CP, Martins AP, Carvalho PC. Effectiveness of current fertilizer recommendations for irrigated rice in integrated crop-livestock systems. R. Bras. Ci. Solo. 2016; 40:1-8. doi: 10.1590/18069657rbcs20140798.

Correia SL, da Silva PRF, Serpa MS, Vieira VM, Boeni M, Menezes GB. Estratégias de manejo da palha de azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão. R. Bras. Ci. Solo. 2013; 37: 512-520. doi: 10.1590/S0100-06832013000200022.

Da Costa NL, Reis JCL, Rodrigues RC, Coelho RW. Trevo-persa-uma forrageira de duplo propósito. 2005. [Acesso em: 03 set. 2020]. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31014/1/comunicado-116.pdf.

Gaba S, Lescourret F, Boudsocq S, Enjalbert J, Hinsinger P, Journet EP, Navas ML, Wery J, Louarn G, Malézieux E, Pelzer E, Prudent M, Ozier-Lafontaine H. Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. Agronomy for Sustainable Development. 2015; p. 607-623.

Maass MB, Boeni M, da Silva PRF, Richetti C, Carmona GI, Miozzo L, Rosa RT. Época de dessecação da serradela nativa e sua influência no arroz irrigado em sucessão. 2013. [Acessado em: 03 set. 2020].Disponível em:http://cbai2013.web2265.uni5.net/cdonline/docs/trab-6720-453.pdf.

Menezes VG, Mariot CHP, Lopes MCB, da Silva PRF, Teichmann LL. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. 2001. p. 1107-1115.

Munareto JD, Beutler AN, Ramão CJ, Dias NP, Ramos PV, Pozzebon BC, Alberto CM, Hernandes GC. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. Pesquisa agropecuária brasileira. 2010; p. 1499-1506.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Giasson E, Pinto LFS; FLORES, CA; SCHNEIDER, P (Clbs) Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar; 2018; p. 252.

Veloso, MG, Angers DA, Tiecher T, Giacomini S, Elsevier BV. High carbon storage in a previously degraded subtropical soil under no-tillage with legume cover crops. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam. 2018; p. 15-23.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Disponibilidade de água e atributos físicos do solo sob sistema de plantio direto e preparo convencional na produção de repolho (*Brassica oleracea)*

**Bruna Vicente[(1)]; Estéfany Pawlowski[(2)]; Bronildo Jose Wenzel[(2)];Larissa Werle[(2)]; Isabela Friedrich Ribas[(2)]; Douglas Rodrigo Kaiser[(3)]**

[(1)] Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul, Av. Jacob Reinaldo Haupenthal, 1580. Cerro Largo, Rio Grande do Sul; bruvicente55@gmail.com; [(2)] Estudante, Universidade Federal da Fronteira Sul; [(3)] Prof. Dr., Universidade Federal da Fronteira Sul.

## INTRODUÇÃO

Na produção de hortaliças o sistema de manejo do solo predominante tem sido o sistema convencional, onde a área destinada ao cultivo é preparada com arações e gradagens ou com uso de encanteiradoras com enxada rotativa. Devido a intensa mobilização do solo, a falta de rotação de culturas e ausência de plantas de cobertura, ocorre a perda de matéria orgânica, a redução da atividade biológica e provoca a degradação e diminuição da qualidade do solo.

A mobilização mínima do solo aliado a manutenção da cobertura permanente e diversificação de culturas são essenciais para a melhoria da estrutura do solo. Esses preceitos são a base do sistema plantio direto, que vem sendo utilizado desde a década de 80 no Brasil. Com base nesses conceitos, amplamente utilizados para a produção de grãos, desenvolveu se e adaptou-se o sistema plantio direto para hortaliças (SPDH) Esse sistema, permite aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do solo e a redução dos custos de produção de hortaliças (MAFRA et al., 2019).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de preparo e manejo do solo sobre os atributos físicos do solo a disponibilidade de água e a produtividade do Repolho (Brassica oleracea).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo-RS, em um Latossolo Vermelho, com 583,2 g $kg^{-1}$ de argila; 92,7 g $kg^{-1}$ de areia e 324,02 g $kg^{-1}$ de silte na camada de 0 a 30 cm. No ano de 2016 ocorreu a aplicação de calcário para elevar o pH à 6,0. Após a correção do solo, foi realizada a construção de dez canteiros (1,2 m de largura e 20 m de comprimento) com encanteiradora de enxada rotativa, os quais foram cultivados com centeio (*Secale cereale*). Em dezembro de 2018 foi realizado o plantio de *Crotalaria juncea* com espaçamento de 0,3 m. Após o final do ciclo da crotalária avaliou-se a produção de massa seca e os teores de nitrogênio (N) e carbono (C) no tecido vegetal das plantas, que corresponderam respectivamente à 8400 kg $ha^{-1}$, 84,72 kg $ha^{-1}$ e 3661,33 kg $ha^{-1}$.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíam-se pelo Sistema Plantio Direto (SPDH), Plantio Direto sem cobertura vegetal (PDsc) e Sistema de cultivo convencional com cobertura do solo (SCc) e sem cobertura do solo (SCsc). No SPDH e PDsc a biomassa de crotalária foi cortada rente ao solo e mantida sobre a superfície do solo apenas em SPDH. Os tratamentos SCc e SCsc foram submetidos a um novo revolvimento com encanteiradora e no SCc depositou-se sobre a superfície do solo a mesma quantidade da biomassa de crotalária utilizada no SPDH.

O plantio das mudas de repolho, variedade híbrida Musashi, com espaçamento de 0,4 m entre plantas e 0,5 m entre linhas, ocorreu no dia

10/07/2019. A adubação foi realizada conforme recomendações técnicas para a cultura do repolho (CQFS-RS-SC, 2016).

Os dados de pluviosidade e temperatura do ar foram obtidos na estação meteorológica instalada na área experimental da UFFS-CL. Ao longo do ciclo a pluviosidade total foi de 496,8 mm e a temperatura média do ar foi igual à 18,06 ºC. Durante o ciclo da cultura foi realizado o monitoramento da umidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, com um aparelho de TDR (*Time Domain Refletometry*). Foram realizadas irrigações quando a umidade do solo estava menor que 80% da capacidade de campo (CC). A CC para esse tipo de solo de 0,35 $m^3m^{-3}$ e o ponto de murcha permanente (PMP) de 0,18 $m^3m^{-3}$. As irrigações totalizaram 50 mm ao final do ciclo da cultura.

Para avaliar a densidade e a distribuição de poros foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m de profundidade. As coletas foram realizadas com anéis de aço inox de volume conhecido, conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). A porosidade de aeração foi obtida pela diferença entre a porosidade total da camada de 0-0,20 m e a umidade volumétrica (LIBARDI, 2005).

O grau de compactação foi calculado dividindo-se a densidade de cada camada pela densidade máxima que esse solo pode atingir. A densidade máxima do solo utilizada para calcular o grau de compactação foi de 1,53 Mg $m^{-3}$, e foi determinada por ensaio de compressão uniaxial (dados não publicados).

Quando a cultura do repolho atingiu o ponto de colheita, fez-se o sorteio de cinco plantas por parcela, para a avaliação da massa fresca de cabeças (MFC), massa seca de cabeça (MSC) e o diâmetro de cabeça de repolho (DIAM). O cálculo de produtividade média ($mgha^{-1}$) foi realizado dividindo os valores de MFC e MSC pela área de cultivo ($m^2$) e convertendo os valores para hectare.

Os dados obtidos foram submetidos análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas entre si com o teste Tukey à 5 % de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de densidade do solo (Ds) encontrados ficaram abaixo do valor crítico de 1,30 Mg $m^{-3}$ para o tipo de solo em questão (REICHERT et al., 2007) e apresentaram diferença significativa entre os tratamentos apenas na camada de 0,05-0,10, em que PDsc e SPDH apresentaram os maiores valores (**tabela 1**). Resultados semelhantes foram obtidos por Vieira & Muzzili (1984) justificando-se pelo não revolvimento do solo (FALLEIRO et al., 2003).

A porosidade total expressou valores maiores nos tratamentos SCc e SCsc, na camada de 0,05-0,10 m (**tabela 1**), refletindo a ação da movimentação do solo. A microporosidade e a macroporiosidade não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em todas as camadas avaliadas. O grau de compactação apresentou maiores valores para SPDH e PDsc, na camada de 0,05 – 0,1 m, porém permanecendo abaixo dos valores considerados críticos ao desenvolvimento das culturas (LINDSTRON & VOORHEES, 1994).

A umidade volumétrica do solo durante o ciclo do repolho (**figura 1**) apresentou valores maiores para os tratamentos com cobertura no solo (SPDH e SCc). Nos 58, 61, 68, 71, 73, 75, 77, 79, 82, 91, 94, 97, 101 e 105 após o plantio (DAP), SCsc demonstrou valores significativamente menores quando comparado aos demais tratamentos, exceto nos 71, 75, 77, 82, 97 e 101 DAP em que não diferiu significativamente de SCc. Deste modo é possível afirmar que tanto o revolvimento do solo quanto a presença da palhada afetaram a dinâmica da água no solo (MAROUELLI et al., 2006).

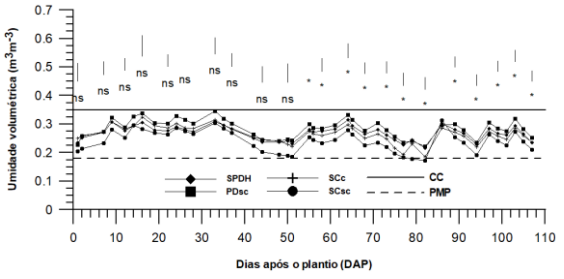



**Figura 1.** Umidade volumétrica do solo na camada de 0 – 0,2 m, durante o ciclo de repolho. Barras verticais representam a DMS (Tukey $P \leq 0,05$) (ns: não-significativo; *: significativo).

A porosidade de aeração (PA) apresentou os maiores valores para o SCsc e os menores para PDsc (**figura 2)**, em que SPDH e SCc

apresentaram comportamento intermediário em sua maioria. Resultados semelhantes foram encontrados por Klein et al. (2006) em que em condições de maior quantidade de água disponível há menores volume de porosidade de aeração. Todos os valores encontraram ficaram acima do valor crítico de 0,1 $m^3m^{-3}$ (TORMENA et al, 1998), não interferindo no desenvolvimento da cultura.

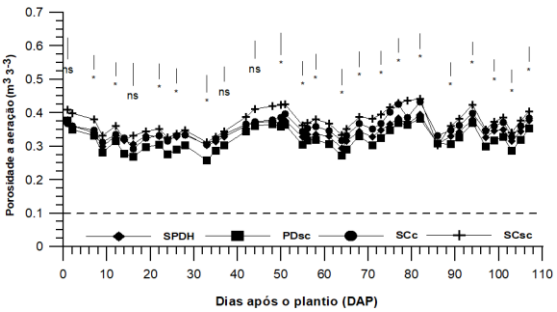



**Figura 2.** Porosidade de aeração do solo, na camada de 0 – 0,2 m, durante o ciclo de alface. Barras verticais representam a DMS (Tukey $P \leq 0,05$) (ns: não-significativo; *: significativo).

Para os parâmetros de massa fresca de cabeça, massa seca de cabeça e diâmetro de cabeça observou-se maior valor de MFC, MSC e DIAM nos tratamentos com cobertura morta sob a superfície do solo, diferindo significativamente dos demais tratamentos (**tabela 2**). A produtividade (Mg $ha^{-1}$) foi maior no SCc, e o PDsc obteve os menores valores. Nos tratamentos PDsc e SPDH houve maior incidência de *Fusarium oxysporum*, acarretando na perda de produtividade. Todos os resultados obtidos para produtividade diferiram entre si. Os valores mais altos para produtividade nos tratamentos com cobertura vegetal se dão pelo fato da produção em sistemas de manejo com palhada sobre a superficial do solo está relacionada à absorção dos nutrientes provenientes da mineralização dos restos culturais de *Crotalaria juncea*, corroborando com resultados obtidos por Perin et al (2015).

## CONCLUSÕES

A densidade e o grau de compactação do solo apresentaram maiores valores para os tratamentos SPDH e PDsc, na camada de 0,05 – 0,1 m. Já a enquanto a porosidade total apresentou os menores valores para os mesmos tratamentos.

A umidade volumétrica do solo e a produtividade da cultura apresentaram os maiores valores para os tratamentos com presença de palha sobre a superfície (SPDH e SCc).

Os tratamentos apresentaram porosidade de aeração adequada, sendo o SCs o tratamento que apresentou os maiores valores.

A produtividade (Mg $há^{-1}$) foi maior no SCc, seguido por SPDH. Os menores valores foram obtidos para PDsc. Para MSC, MFC e DIAM os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com cobertura vegetal sob a superfície do solo.

**AGRADECIMENTOS:** CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 11ª ed. Porto Alegre: CQFS; 2016.

Falleiro RM, Souza CM, Silva CSW, Sediyama CS, Silva AA & Fagundes JL. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades físicas e químicas do solo. R. Bras. Ci. Solo. 2003;27:1097-1104.

Klein VA, Vieira ML, Durigon FF, Massing JP & Favero F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. Cienc. Rural. 2008; 38:365-371.

Libardi PL. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: EDUSP, 2005. 335p

Lindstron MJ, Voorhees WB. Response of temperate crops to soil compaction. In: SOANE BD, van OUWERKERK C, editores. Soil compaction in crop production. London: Elsevier; 1994. p. 265-286.

Mafra AL, Comin JJ, Lana MA, Bittencourt HH, Lovato PE & Wilder LP. Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: adequação do soo e prática de cultivo. 1nd.ed. São Paulo: Sistema de plantio direto de hortaliças:2019. p. 215-226.

Marouell I WA, Ribeiro HS & Madeira NR. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. Pesq. agropec. bras. 2006;41:1399-1404.

Perin A, Cruvinel DA, Ferreira HS, Melo GB, Lima LE & Andrade JWS. Decomposição da palhada e produção

de repolho em Sistema de Plantio Direto. Gl. Sci Technol. 2015;08:153-159.

Reichert JM, Suzuki LEAS, Reinert DJ. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM, editors. Tópicos Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.p.49-134.

Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A & Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. Brasília: EMBRAPA, 2017.

Tormena CA, Barboza MC, CostA ACS & GonçalveS ACA. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. R. Scientia Agr. 2002;59:785-801.

**Tabela 1:** Valores médios de densidade, distribuição de poros e grau de compactação do solo

| Camada (m) | SCc | SCsc | SPDH | PDsc | CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Densidade do Solo (Mg m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,96 a | 0,98 a | 0,96 a | 0,96 a | 5,27 |
| 0,05 - 0,10 | 0,97 c | 0,98 bc | 1,07 ab | 1,07 a | 4,47 |
| 0,10 - 0,15 | 1,07 a | 1,15 a | 1,05 a | 1,11 a | 5,63 |
| 0,15 - 0,20 | 1,27 a | 1,25 a | 1,27 a | 1,26 a | 4,36 |
| **Porosidade Total (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,66 a | 0,65 a | 0,65 a | 0,66 a | 2,97 |
| 0,05 - 0,10 | 0,65 a | 0,65 a | 0,62 b | 0,62 b | 2,25 |
| 0,10 - 0,15 | 0,62 a | 0,59 a | 0,63 a | 0,60 a | 3,60 |
| 0,15 - 0,20 | 0,55 a | 0,55 a | 0,54 a | 0,55 a | 3,75 |
| **Microporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,31 a | 0,31 a | 0,31 a | 0,30 a | 6,87 |
| 0,05 - 0,10 | 0,32 a | 0,32 a | 0,34 a | 0,34 a | 4,33 |
| 0,10 - 0,15 | 0,36 a | 0,37 a | 0,34 a | 0,35 a | 4,57 |
| 0,15 - 0,20 | 0,40 a | 0,39 a | 0,40 a | 0,40 a | 4,23 |
| **Macroporosidade (m$^3$ m$^{-3}$)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 0,34 a | 0,34 a | 0,35 a | 0,36 a | 10,81 |
| 0,05 - 0,10 | 0,33 a | 0,33 a | 0,28 a | 0,28 a | 9,59 |
| 0,10 - 0,15 | 0,26 a | 0,22 a | 0,29 a | 0,25 a | 15,05 |
| 0,15 - 0,20 | 0,14 a | 0,16 a | 0,15 a | 0,15 a | 22,81 |
| **Grau de Compactação (%)** | | | | | |
| 0,00 - 0,05 | 63,25 a | 64,12 a | 63,49 a | 62,79 a | 5,35 |
| 0,05 - 0,10 | 64,06 b | 64,11 b | 70,03 a | 70,42 a | 4,30 |
| 0,10 - 0,15 | 70,43 a | 75,31 a | 69,19 a | 72,76 a | 5,63 |
| 0,15 - 0,20 | 83,60 a | 82,18 a | 83,70 a | 82,88 a | 4,46 |

*Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

**Tabela 2.** Valores médios de massa fresca de cabeça (MFC) e diâmetro de cabeça (DIAM) de repolho.

| Tratamentos | MFC | MSC | MFC | MSC | DIAM |
|---|---|---|---|---|---|
| | --- g planta$^{-1}$ --- | | -- Mg ha$^{-1}$ | | - cm planta$^{-1}$ |
| **SCc** | 743,00 a | 54,55 a | 18,81 a | 1,38 a | 11,13 a |
| **SPDH** | 687,40 a | 50,49 a | 15,07 b | 1,11 b | 10,86 a |
| **SCsc** | 456,48 a | 40,41 b | 10,52 c | 0,93 c | 9,47 b |
| **PDsc** | 422,56 a | 36,27 b | 8,13 d | 0,70 d | 9,35 b |
| **CV (%)** | 27,30 | 25,84 | 27,81 | 12,19 | 12,19 |

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si (Tukey $P \leq 0,05$)

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Análise Foliar por Fluorescência de Raios X Portátil

**Camila Silva Borges[(1)]; David C. Weindorf[(2)]; Geila Santos Carvalho[(3)]; Luiz Roberto Guimarães Guilherme[(4)]; Thalita Takayama[(1)]; Nilton Curi[(4)]; Geraldo Janio E. O. Lima[(5)]; Bruno Teixeira Ribeiro[(4)]**

[(1)] Estudante, Universidade Federal de Lavras, Avenida Doutor Sylvio Menicucci, s/n, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-900, camila.borges@estudante.ufla.br; [(2)] Pesquisador, Central Michigan University, Mount Pleasant, Michigan, USA; [(3)] Técnica de laboratório, Universidade Federal de Lavras; [(4)] Professor, Universidade Federal de Lavras; [(5)] Campo - Centro Ambiental e de Tecnologia Agrícola, Paracatu, MG.

## INTRODUÇÃO

A composição elementar do tecido foliar é de extrema importância para o manejo das culturas agrícolas para fins de recomendações de fertilizantes (STURGEON, 2000), diagnose do estado nutricional (LUCENA, 1997) e acompanhamento temporal do desenvolvimento da cultura.

O método tradicional para análise foliar envolve a fase de coleta e preparo da amostra (lavagem, secagem e moagem), seguida da digestão ácida (e.g., digestão nitro-perclórica) em blocos digestores em sistema aberto (MILLER, 1998). No extrato obtido, macro e micronutrientes podem ser quantificados por métodos colorimétricos, titulométricos ou diretamente em espectrofotômetros de absorção atômica (AA) ou por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) (MILLER, 1998). Tais métodos, além de serem extremamente laboriosos, são destrutivos, caros, demorados e poluentes.

Uma alternativa aos métodos ditos tradicionais, os quais necessitam da digestão ácida do material a ser analisado, é o uso da fluorescência de raios X (XRF), principalmente com o advento de equipamentos portáteis (pXRF) (WEINDORF; CHAKRABORTY, 2016; RAVANSARI et al., 2020). Essa técnica permite a quantificação simultânea de vários elementos (e.g., Mg até U) em várias matrizes de forma rápida, não destrutiva e sem uso de reagentes químicos (WEINDORF et al., 2014). Equipamentos pXRF têm sido utilizados com sucesso para diversos fins: geológicos, pedológicos, agronômicos, ambientais, criminais (investigação forense), medicinais, etc. Vários materiais (resíduos, rejeitos, solos, sedimentos, efluentes, drogas, sangue, plantas, etc.) podem ser facilmente caracterizados com uso do pXRF (SHUTIC et al., 2017; KHUDER et al., 2012; BORGES et al., 2020). Para análise de solos e sedimentos, a tecnologia pXRF é considerada um método padrão pela Agência de Proteção Ambiental dos USA (USEPA, 2007) e na série *Methods of Soil Analysis* (WEINDORF; CHAKRABORTY, 2016). Para análise de tecido foliar, ainda são incipientes os trabalhos com uso do pXRF (McLAREN et al., 2012; TOWETT et al., 2016; McGLADERRY et al., 2018), sobretudo em condições tropicais. Assim, estudos envolvendo a tecnologia pXRF ainda se fazem necessários para a proposição de um protocolo para análise foliar.

No Brasil, alguns poucos trabalhos foram realizados. Para a cultura da cana-de-açúcar, as concentrações de K, Ca, S e Si de folhas frescas foram acuradamente obtidas pelo pXRF (GUERRA et al., 2018). Para folhas de soja, correlação linear positiva para K, Ca, Mn, Fe, Cu e Zn foram obtidas entre e o pXRF e a digestão nitro-perclórica (COSTA JUNIOR et al., 2019).

Considerando a escassez e abrangência de trabalhos que demonstrem a possibilidade real do uso do pXRF para análise foliar das culturas brasileiras, conduziu-se este trabalho com o objetivo de se obter regressões lineares entre as

concentrações dos macro e micronutrientes obtidas pelo método tradicional de análise foliar com aquelas obtidas pelo pXRF, com a utilização de um banco de amostras bastante representativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

Foram utilizadas neste estudo 614 amostras de folhas de 28 importantes culturas provenientes de várias regiões do país (BORGES et al., 2020), a saber: feijão, milho, soja, sorgo, trigo, algodão, banana, coco, jaca, manga, maracujá, mamão, alho, vagem, cebola, tomate, alface, abobora, pimenta, laranja, limão, cedro, eucalipto, teca, café, cacau, cana-de-açúcar e pastagem. A amostragem das folhas seguiu as recomendações específicas para cada cultura (RIBEIRO et al., 1999). Após a amostragem, as amostras foram lavadas em água de torneira corrente, seguida de água destilada e, posteriormente, secadas em estufa à 60ºC até peso constante. Uma vez as amostras secas, procedeu-se a moagem em moinho tipo Willey obtendo-se material vegetal passado em peneira de abertura 30 mesh.

### Análise foliar tradicional

A análise foliar tradicional para quantificação dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn foi realizada pelo método da digestão nitro-perclórica (MILLER, 1998). Esse método é aqui denominado digestão ácida (DA). Para o procedimento de digestão, 6 mL de solução ácida ($HNO_3$:$HClO_4$ 2:1 v/v) foram adicionados a 0,5 g do material vegetal em tubos de digestão com capacidade para 50 mL. Em seguida, as amostras foram levadas ao bloco digestor e aquecidas em três etapas: i) 120º C por 30 min; ii) 160º C por 40 min; e iii) 210º C por 20 min. Após a digestão e resfriamento natural, cada amostra foi transferida para balão volumétrico com capacidade para 50 mL. O volume do balão foi completado com água ultrapura e homogeneizado. Neste extrato, determinaram-se as concentrações dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn) por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) (MILLER, 1998).

### Análise foliar por fluorescência de raios X portátil (pXRF)

Diretamente no material vegetal moído e seco em estufa, procedeu-se a quantificação dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn) utilizando um equipamento portátil de fluorescência de raios X. Foi utilizado um *Olympus® Vanta M-series* com as seguintes especificações técnicas: i) Rh como fonte de raios X (10-40 keV); ii) detector tipo SDD (*silicon drift detector*); iii) aplicação *Geochem*. Para análise, as amostras foram acondicionadas em potes plásticos com capacidade para 23 mL e com diâmetro suficiente para cobrir totalmente a janela dos raios X (BORGES et al., 2020). Os potes foram cobertos com filme Prolene® preso externamente com auxílio de um látex. Maiores detalhes e visualização do procedimento podem ser encontrados em Borges et al. (2020). Os potes foram invertidos e colocados de "*cabeça para baixo"* sobre a janela dos raios X do equipamento. Pelo menos 1 cm de espessura de material vegetal foi garantido a fim de se obter a espessura infinita necessária para análise por fluorescência de raios X. Cada amostra foi irradiada por 60 s, sendo os primeiros 30 s (*Beam 1*) para quantificação de Fe, Cu, Zn e Mn, e os 30 s restantes (*Beam 2*) para quantificação de P, K, Ca, Mg e S. Para fins de controle de qualidade da análise, três materiais de referência certificados (CRM's) foram utilizados: NIST 1547 – *peach leaves*, NIST 1573a – *tomato leaves*, NIST 1515 – *apple leaves* e um padrão interno laboratorial de folhas de soja. As recuperações de cada elemento foram obtidas pela razão entre o valor obtido e o valor certificado e foram utilizadas como fatores de correção das leituras obtidas para cada amostra (BORGES et al., 2020). Os limites de detecção (mg $kg^{-1}$) de cada elemento foram: P (50), K (25), Ca (25), Mg (3.000), S (50), Mn (5), Fe (5), Cu (5), Zn (5).

### Análise estatística

Foram obtidas equações lineares (y=a+bx) relacionando as concentrações de cada nutriente obtidas pelo método da digestão ácida (DA) e pXRF. Para isso, 70% dos dados foram aleatoriamente selecionados e destinados para obtenção das regressões. O restante dos dados (30%) foram reservados para validação das equações obtidas. Como parâmetros estatísticos, foram utilizados o coeficiente de correlação de Pearson (R), coeficiente de determinação ($R^2$) e raiz quadrada do erro médio (RMSE).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto para Mg, fortes correlações foram obtidas entre o método DA e pXRF (Fig. 1), principalmente para os micronutrientes.

Comparativamente aos demais elementos estudados, o Mg apresenta menor rendimento de fluorescência sendo, pois, difícil de ser detectado por equipamentos pXRF convencionais como o utilizado no presente estudo. Uma alternativa para determinação de Mg via pXRF seria a utilização de equipamentos com a opção de análise sob vácuo (GUERRA et al., 2014; TOWET et al., 2016; CARVALHO et al., 2018), o que aumenta as chances de detecção do sinal (fótons) provenientes do Mg. Dentre os macronutrientes, a melhor correlação DA e pXRF foi observada para Ca (Fig. 1c) seguida de P, K e S, tendo como base os valores de R e $R^2$ para os dados de calibração e validação. As correlações obtidas entre DA e pXRF para os micronutrientes foram superiores comparada aos macronutrientes. Isso pode ser explicado pelo fato de os micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) apresentarem maior número atômico e, consequentemente, maior rendimento de fluorescência (KALNICKY; SINGHVI, 2001), sendo, pois, mais facilmente detectados. Para esses elementos, os valores de R e $R^2$ variaram, respectivamente, de 0.88/0.77 para o Fe até 0.99/0.99 para o Cu. Boa correlação entre DA e pXRF também foi observada por SACRISTÁN et al. (2016) em folhas secas de alface e por McGLADDERY et al. (2018) em materiais vegetais diversos (folhas, cascas de árvores, arbustos) secos e moídos, demonstrando o grande potencial da análise foliar por pXRF de uma forma rápida, acurada e *envinronmental-friendly*.

## CONCLUSÕES

A composição elementar, principalmente os micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn), de folhas secas e moídas foi acuradamente obtida com a utilização do pXRF. A principal vantagem da utilização do pXRF é dispensar a necessidade da digestão ácida da amostra, contribuindo para uma metodologia dentro dos conceitos *green chemistry*.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG (APQ-02613-18) pelo financiamento da pesquisa e concessão de bolsas de estudo. Ao laboratório CAMPO (Paracatu, MG) pelo suporte na análise foliar tradicional e à Texas Tech University, USA, pela parceria para caracterização dos materiais por pXRF.

## REFERÊNCIAS

Borges CS, Weindorf DC, Nascimento DC, Curi N, Guilherme LRG, Carvalho GS, Ribeiro BT. Comparison of portable X-ray fluorescence spectrometry and laboratory-based methods to assess the soil elemental composition: Applications for wetland soils. Environmental Technology and Innovation. Elsevier B.V.; 2020;19:100826.

Guerra MBB, Adame A, De Almeida E, Brasil MAS, Schaefer CEGR, Krug FJ. In situ determination of k, ca, s and si in fresh sugar cane leaves by handheld energy dispersive X-Ray fluorescence spectrometry. Journal of the Brazilian Chemical Society. 2018;29:1086–1093.

Guerra MBB, De Almeida E, Carvalho GGA, Souza PF, Nunes LC, Júnior DS, Krug FJ. Comparison of analytical performance of benchtop and handheld energy dispersive X-ray fluorescence systems for the direct analysis of plant materials. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2014;29:1667–1674.

Carvalho GG, Arantes, Guerra MBB, Adame A, Nomura CS, Oliveira PV, De Carvalho HWP, Santos D, Nunes LC, Krug FJ. Recent advances in LIBS and XRF for the analysis of plants. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2018;33:919–944.

Costa Junior TG, Nunes LC, Feresin Gomes MH, de Almeida E, Pereira de Carvalho HW. Direct determination of mineral nutrients in soybean leaves under vivo conditions by portable X-ray fluorescence spectroscopy. X-Ray Spectrometry. 2019;1–10.

Kalnicky DJ, Singhvi R. Field portable XRF analysis of environmental samples. Journal of Hazardous Materials. 2001;83:93–122.

Khuder A, Issa H, Bakir MA, Habil K, Mohammad A, Solaiman A. Major, minor, and trace elements in whole blood of patients with different leukemia patterns. Nukleonika. 2012;57:389–399.

Lucena JJ. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants a critical review. Acta Horticulturae. 1997. p. 179–192.

McGladdery C, Weindorf DC, Chakraborty S, Li B, Paulette L, Podar D, Pearson D, Kusi NYO, Duda B. Elemental assessment of vegetation via portable X-ray fluorescence (PXRF) spectrometry. Journal of Environmental Management. Elsevier Ltd; 2018;210:210–225.

McLaren TI, Guppy CN, Tighe MK. A Rapid and Nondestructive Plant Nutrient Analysis using Portable X-Ray Fluorescence. Soil Science Society of America Journal. 2012;76:1446.

Miller R. Nitric-Perchloric Acid Wet Digestion in an Open Vessel. In: Kalra YP, organizador. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Boca Raton, FL: CRC Press; 1998. p. 57–61.

Ravansari R, Wilson SC, Tighe M. Portable X-ray fluorescence for environmental assessment of soils: Not just a point and shoot method. Environment International. Elsevier; 2020;134:105250.

Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VVH. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV; 1999.

Sacristán D, Viscarra Rossel RA, Recatalá L. Proximal sensing of Cu in soil and lettuce using portable X-ray fluorescence spectrometry. Geoderma. Elsevier B.V.; 2016;265:6–11.

Shutic S, Chakraborty S, Li B, Weindorf DC, Sperry K, Casadonte D. Forensic identification of pharmaceuticals via portable X-ray fluorescence and diffuse reflectance spectroscopy. Forensic Science International. Elsevier Ireland Ltd; 2017;279:22–32.

Sturgeon RE. Current practice and recent developments in analytical methodology for trace element analysis of soils, plants, and water. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2000;31:1479–1512.

Towett EK, Shepherd KD, Lee Drake B. Plant elemental composition and portable X-ray fluorescence (pXRF) spectroscopy: Quantification under different analytical parameters. X-Ray Spectrometry. 2016;45:117–124.

US EPA. Method 6200: Field portable X-ray fluorescence spectrometry fro determination of elemental concentrations in soil and sediment. 2007.

Weindorf DC, Bakr N, Zhu Y. Advances in portable X-ray fluorescence (PXRF) for environmental, pedological, and agronomic applications. In: Sparks DL, organizador. Advances in Agronomy. 1º ed San Diego, CA, USA: Elsevier; 2014. p. 1–45.

Weindorf DC, Chakraborty S. Portable X-ray Fluorescence Spectrometry Analysis of Soils. Methods of Soil Analysis. 2016;1:0.

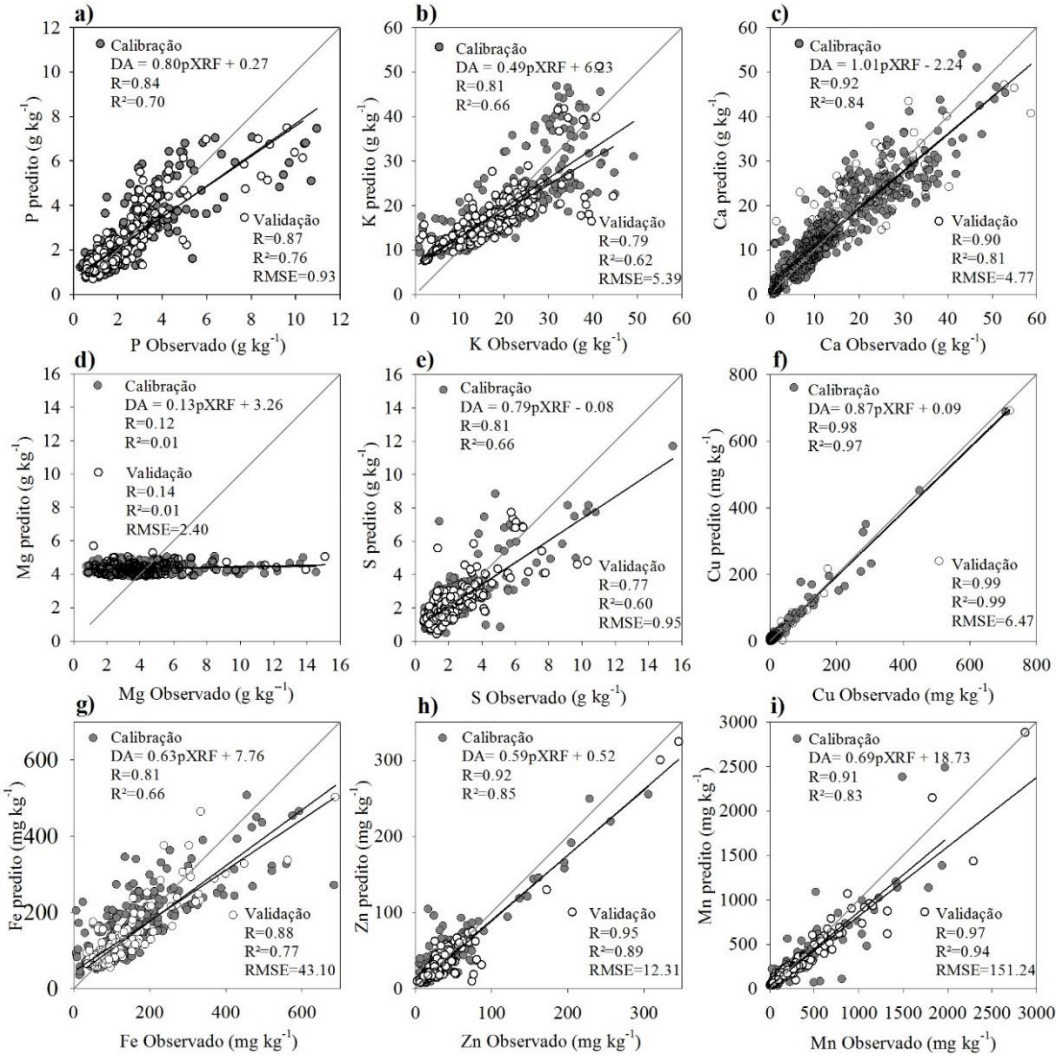



**Figura 1.** Análise foliar de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) com utilização de equipamento portátil de fluorescência de raios X.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Funcionamento do Sistema Poroso de um Argissolo Vermelho Submetido a Sistemas de Cultura em Plantio Direto por Longo Prazo

**Cristhian Hernandez Gamboa[(1)]; Getulio Coutinho Figueiredo[(2)]; Fabiane Machado Vezzani[(3)]; Cimélio Bayer[(4)]**

[(1)] Doutor em Ciências do solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre – RS, cristianagroeco@gmail.com; [(2)] Professor, Departamento de Solos, UFRGS, getulio.figueiredo@ufrgs.br; [(3)] Professora, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos, UFPR, vezzani@ufpr.br. [(4)] Professor, Departamento de Solos, UFRGS, cimelio.bayer@ufrgs.br;

## INTRODUÇÃO

A ação das plantas é determinante das características e funcionamento do solo. Durante a formação do solo, acontece a construção e diferenciação vertical de ambientes superficiais e subsuperficiais (BRIMHALL et al., 1991; MINASNY et al., 2016; GOEBES et al., 2019). Em superfície, predominam aumentos de volume do solo associados a ciclos contínuos e constantes de adição de resíduos, crescimento e morte de raízes e alta atividade biológica (BRIMHALL et al., 1991). Em subsuperfície, ocorrem processos de acúmulo de massa e adensamento, produto da translocação e acúmulo de materiais em profundidade (BRIMHALL et al., 1991). Estas condições geram desenvolvimento de um sistema de poros diferenciado e complementar aos dois ambientes, que controla o funcionamento do solo, a manutenção da biota, o crescimento radicular e a produtividade vegetal. A rede de poros é a encarregada de processos dinâmicos, como a infiltração e armazenagem de água e fluxos de gases, e representa o espaço onde acontecem processos químicos e bioquímicos da solução aquosa do solo (REYNOLDS et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi compreender como a ação da planta promove mudanças em superfície e subsuperfície do solo, a partir da caracterização do sistema poroso e seu funcionamento, associado a fluxos de água e de ar, continuidade de poros e disponibilidade hídrica às plantas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi baseado num experimento de longa duração (34 anos) num Argissolo Vermelho, com textura franco-argilo-arenosa (220 g $kg^{-1}$ de argila e 540 g $kg^{-1}$de areia), localizado na Estação Experimental da UFRGS, no Rio Grande do Sul, Brasil. Amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos metálicos (126 $cm^3$) foram coletadas na entrelinha das culturas de inverno, na camada superficial (0-5 cm) e subsuperficial (5-15 cm). Cinco sistemas de cultura em plantio direto foram avaliados [solo descoberto (DESC), aveia/milho (AM), aveia+vica/milho (AVM), aveia+vica/milho+caupi (AVMC) e uma pastagem permanente (PANG)] com níveis crescentes de ação da planta sobe o solo, representada pelo gradiente de biomassa vegetal (kg $m^{-2}$). O desenho experimental foi em blocos ao acaso com arranjo fatorial e três repetições.

As amostras de solo (anéis) foram avaliadas quanto à condutividade hidráulica em solo saturado (ksat) (REYNOLDS; ELRICK, 2002), e calculada a permeabilidade intrínseca do solo à água (kw) (REEVE, 1953). Posteriormente, as amostras foram submetidas aos potenciais mátricos de -1, -3, -6, -10, -33, -100, -500 e -1500 kPa. Após equilíbrio em cada potencial mátrico, foi calculada a umidade volumétrica, θ (LIBARDI, 2016), e submetidas a um permeâmetro de carga constante de ar, para determinação da permeabilidade intrínseca do solo ao ar (ka)

(PREVEDELLO; ARMINDO, 2015). Posteriormente, foi determinada a porosidade de aeração (Ɛ) em cada um dos potenciais mátricos. Foram determinados valores de porosidade total (Pt), porosidade no domínio dos macroporos ($P_{MAC}$), microporosidade (MIC) e macroporosidade (MAC) (REYNOLDS et al., 2009). Da relação ka/Ɛ determinou-se o índice de conectividade, k1 (GROENEVELT et al., 1984), e da regressão linear entre a ka e a Ɛ gerou-se o índice de continuidade geral da porosidade, Cont (BALL et al., 1988; POULSEN, 2013). A capacidade de água disponível (AD) às plantas foi calculada conforme Klein (2014). Além disso, uma amostra indeformada por cada tratamento e camada de solo foi impregnada com resina, para gerar lâminas delgadas (COOPER et al., 2018), para avaliação micromorfológica do sistema poroso.

O conjunto de resultados foi organizado em três subgrupos, envolvendo atributos que: *i.* caracterizaram de forma geral a porosidade (Pt, PMAC, MAC, MIC); *ii.* refletem a capacidade do sistema poroso para transmitir fluxos de ar (ka) e água (ksat, kw); *iii.* indicam o nível de organização de poros no solo: continuidade (Cont, k1) e capacidade de água disponível (AD). Os dados foram submetidos a análise de normalidade, pelo teste de Shapiro Wilk, e homogeneidade de variâncias (LEVENE, 1960). Cada subgrupo foi submetido à análise de variância multivariada, aplicando o teste de Lambda de Wilks. Quando houve significância, em cada subgrupo foi aplicada a ANOVA fatorial para avaliação da significância dos tratamentos, camadas de solo e sua interação. O teste de médias de Duncan a 5% de probabilidade foi aplicado aos tratamentos quando houve significância na ANOVA. Utilizou-se o software SPSS 21 (Statistical Package for the Social Science, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSÃO

Os resultados da análise micromorfológica (Figura 1) revelam um gradiente no aumento da porosidade, tanto em superfície como em subsuperfície, em função do incremento da ação da planta, representada pela biomassa vegetal ativa de cada sistema avaliado. Uma complexa rede de poros interconectada, com diferentes morfologias, como cavidades, vesículas, canais e fissuras foram mais intensos nos sistemas AVM, AVMC e PANG.

O teste Lambda de Wilks e ANOVA revelaram significâncias estatísticas do conjunto de dados que caracterizam a porosidade do solo, pela ação da planta (sistemas - S, $p = 0,033$), principalmente para Pt e MIC, e entre as camadas (C) de solo ($p < 0,001$) [Tabela 1]. Atributos relacionados com os fluxos de ar e de água não apresentaram efeito pela ação da planta ($p > 0,05$), mas sim, entre a superfície e subsuperfície do solo ($p < 0,05$) [Tabela 1]. Porém, a kw apresentou interação, sendo dependente da ação da planta e da posição no perfil do solo. Finalmente, o conjunto de atributos associados à organização do sistema poroso apresentou efeito tanto pela ação da planta quanto pelas camadas de solo ($p < 0,05$), com destaque principalmente para a continuidade do sistema poroso, Cont ($p < 0,01$).

Em superfície, os sistemas com maior biomassa vegetal ativa (ação da planta) modificaram o sistema poroso do solo ($p < 0,05$), incrementando a Pt, Cont, k1 e AD (Fgura 2). No entanto, em subsuperfície, este comportamento foi diferente, pois a maior ação da planta não afetou a Pt, mas incrementou a kw, diminuiu a Cont e favoreceu a disponibilidade hídrica (Figura 2).

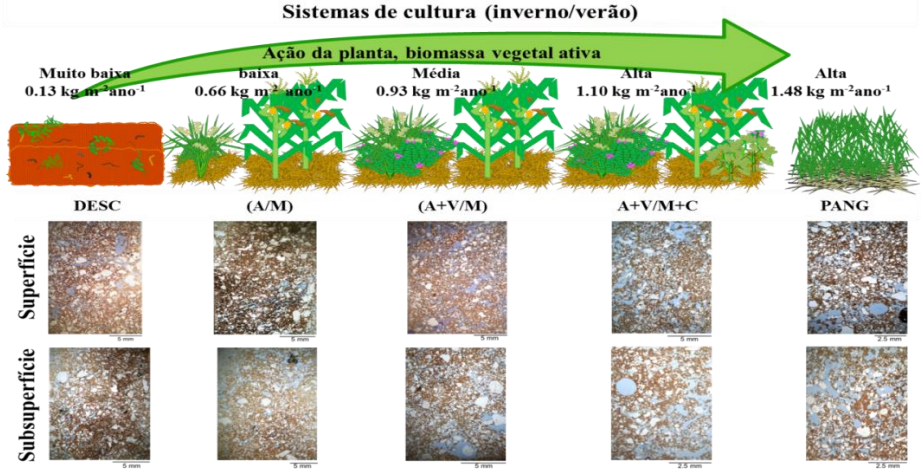



**Figura 1.** Mudanças na porosidade do solo pela ação da planta, em superfície e subsuperfície. Nas micrografias, o espaço poroso (em azul) é preenchido por resina. Descoberto (DESC), Aveia-Milho (AM), Aveia-Vica-Milho (AVM), Aveia-Vica-Milho-Caupi (AVMC) e Pangola (PANG)

**Tabela 1.** Resultados da estatística multivariada (MANOVA) e univariada (ANOVA) aplicadas aos atributos do sistema poroso de um Argissolo Vermelho, textura franco-argilo-arenosa, sob sistemas de culturas em plantio direto.

| | MANOVA | | | ANOVA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | S[a] | C[b] | S x C | S | C | S x C |
| | Valor p | | | | | |
| **Distribuição de poros do solo** | | | | | | |
| **Pt** | | | | **0,029** | **<0,001** | 0,117 |
| **$P_{MAC}$** | ***0,033** | **<0,001** | 0,288 | 0,392 | **<0,001** | 0,333 |
| **MAC** | | | | 0,239 | **<0,001** | 0,823 |
| **MIC** | | | | **0,002** | **<0,001** | 0,143 |
| **Fluxos de ar e de água no solo** | | | | | | |
| **$ka_{(300)}$** | | | | 0,089 | **0,010** | 0,724 |
| **$ka_{(50)}$** | | | | 0,055 | **0,006** | 0,914 |
| **$ka_{(0,6)}$** | 0,056 | **0,005** | 0,091 | 0,304 | **0,039** | 0,204 |
| **ksat** | | | | 0,470 | **0,003** | 0,835 |
| **kw** | | | | **0,039** | **0,000** | **0,017** |
| **Organização do sistema poroso** | | | | | | |
| **$k1_{(300)}$** | | | | **0,041** | **0,001** | 0,526 |
| **$k1_{(50)}$** | | | | 0,085 | 0,348 | 0,979 |
| **$k1_{(0,6)}$** | | | | 0,110 | 0,694 | 0,181 |
| **Cont** | **0,003** | **<0,001** | **0,049** | **0,006** | **0,000** | **0,001** |
| **AD** | | | | **0,004** | **0,000** | 0,692 |

[a]: S, sistemas de cultura; [b]: C, camadas (superfície, subsuperfície); Pt, porosidade total do solo, $m^3\ m^{-3}$; $P_{MAC}$, porosidade de aeração do solo, $m^3\ m^{-3}$; MAC, macroporosidade do solo, $m^3 m^{-3}$; MIC, microporosidade do solo, $m^3 m^{-3}$; ka, permeabilidade intrínseca do solo ar, $\mu m^2$ em porosidades com diâmetros equivalentes >300 µm ($ka_{(300)}$), >50µm ($ka_{(50)}$) e >0,6µm ($ka_{(0,6)}$); ksat, condutividade hidráulica do solo saturado, mm $h^{-1}$; kw, permeabilidade intrínseca do solo à água, $\mu m^2$; k1, continuidade de poros com diâmetros equivalentes >300 µm ($k1_{(300)}$), >50µm ($k1_{(50)}$) e >0,6µm ($k1_{(0,6)}$); Cont, índice de continuidade do sistema poroso; AD, água disponível, mm.

Os resultados comprovam a ação da planta, ao longo de 34 de anos, pelas modificações do ambiente poroso do solo, criando condições diferenciadas entre a superfície e a subsuperfície do solo (Figuras 1 e 2; Tabela1).

Em superfície, sistemas com a alta biomassa vegetal ativa (PANG AVMC) promoveram um sistema poroso mais equilibrado, com incrementos na Pt, MIC e mais conectividade dos poros, favorecendo a capacidade do solo em armazenar e disponibilizar água para as plantas [Tabela 1 Figura 2]. A maior continuidade dos poros, macro e microporos, reflete o alto nível de organização e funcionamento do sistema poroso (REICHERT et al., 2016), pois indica alta capacidade de drenagem e maior capacidade de aeração em superfície (POULSEN, 2013). Estes resultados sugerem que em superfície tem-se um processo de auto-organização do solo promovido pela ação das plantas, com um sistema poroso que consegue equilibrar fluxos de ar, condução, armazenagem e disponibilidade de água às plantas.

Na subsuperfície, a ação das plantas promoveu maiores fluxos de água, possivelmente associados ao incremento da quantidade de macroporos conectados, com diâmetro >300 µm ($k1_{(300)}$, dados não apresentados), relacionados, provavelmente, ao crescimento de raízes que, ao morrerem, deixam canais preferencias para a infiltração de água (NICOLOSO et al., 2008), Por outro lado, a ação das plantas promoveu aumento da AD (Figura 2), o que se explica pela menor Cont do sistema poroso (Figura 2) e pelas superfícies rugosas e irregulares dos poros, que favorecem a armazenagem de água (KRAVCHENKO et al., 2015; KRAVCHENKO; GUBER, 2017), A melhoria da AD às plantas estaria relacionada com o tempo de adoção do sistema de plantio direto (Reichert et al., 2016) e ação das plantas no sistema solo, fazendo com que, em subsuperfície, a armazenagem e disponibilidade de água às plantas seja a principal característica de funcionamento do sistema poroso. O não revolvimento do solo proporciona condições para que os componentes plantas (raízes) e biota edáfica construam canais, bioporos e fissuras de alta complexidade na superfície, ratificados pela análise micromorfológica (Figura 1). Isto favorece a infiltração de água e condução até a subsuperfície do solo (PIRES et al., 2017; RABOT ET AL., 2018), com efeitos positivos sobre a armazenagem e disponibilidade hídrica às plantas.

## CONCLUSÕES

A ação da planta promove mudanças em superfície e subsuperfície do solo, afetando a qualidade e capacidade funcional do sistema poroso. Em superfície, o sistema poroso é mais contínuo, equilibrado e garante fluxos de ar, armazenagem e disponibilidade de água às plantas. Em subsuperfície, o sistema poroso apresenta funções diferentes e complementares, através de grandes macroporos, condutores de água, e de porosidade menos contínua, que favorece a armazenagem e disponibilidade hídrica no solo.

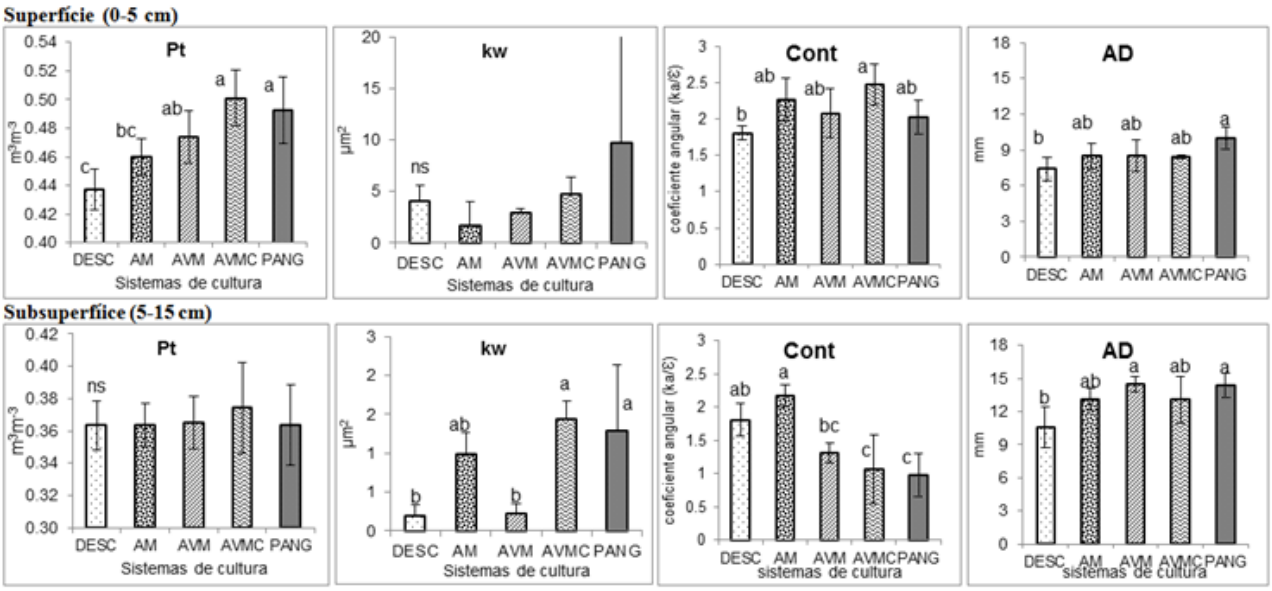



**Figura 2**. Mudanças no sistema poroso de um Argissolo subtropical em superfície (0-5 cm) e subsuperfície (5-15 cm), quando submetido a longo prazo a diferentes sistemas de cultura [solo descoberto (DESC), Aveia-Milho (AM), Aveia-Vica-Milho (AVM), Aveia-Vica-Milho-Caupi (AVMC), pastagem permanente de pangola (PANG)]. Pt, Porosidade total; kw, permeabilidade intrínseca do solo à água; Cont, índice de continuidade do sistema poroso; AD, capacidade de água disponível. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Barras indicam o desvio padrão da média.

## REFERÊNCIAS


Ball BC, O'sullivan MF, Hunter R. Gas diffusion, fluid flow and derived pore continuity indices in relation to vehicle traffic and tillage. Journal of Soil Science. 1988;39:327–339.

Brimhall GH, Chadwick OA, Lewis CJ, Compston W, Williams IS, Danti KJ, Dietrich WE, Power ME, Hendricks D, Bratt J. Deformational mass transport and invasive processes in soil evolution. Science. 1991;255:695–702.

Cooper M, de Castro SS, Coelho MR. Micromorfologia do solo. In: Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG, organizadores. Manual de métodos de análise de solos. III edição. Brasília, DF: EMBRAPA; 2018. p. 526–564.

Goebes P, Schmidt K, Seitz S, Both S, Bruelheide H, Erfmeier A, Scholten T, Kühn P. The strength of soil-plant interactions under forest is related to a Critical Soil Depth. Scientific Reports. 2019;9:1–12.

Groenevelt PH, Kay BD, Grant CD. Physical assessment of soil with respect to rooting potential. Geoderma. 1984;34:101–114.

Klein V. Fisica do solo. 3º ed. Passo Fundo: Universidade de Paso Fundo EDITORA; 2014.

Kravchenko AN, Guber AK. Soil pores and their contributions to soil carbon processes. Geoderma. Elsevier B.V.; 2017;287:31–39.

Kravchenko AN, Negassa WC, Guber AK, Rivers ML. Protection of soil carbon within macro-aggregates depends on intra-aggregate pore characteristics. Scientific Reports. 2015;5:16261.

Levene H. Robust Test for Equality of Variances. In: O I, organizador. Contribuitions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotteling. California, United States: Stanford University Press; 1960. p. 278–292.

Libardi PL. Água no solo. In: van Lier Q de J, organizador. Física do solo. 1º ed Viçosa, MG: Sociedad Brasileira de Ciência do solo; 2016. p. 103–152.

Minasny B, Stockmann U, Hartemink AE, McBratney AB. Measuring and Modelling Soil Depth Functions. In: Hartemink AE, Minasny B, organizadores. Digital Soil Morphometrics, Progress in Soil Science. Switzerland: Springer International Publishing; 2016. p. 425–433.

Nicoloso DSR, Amado TJC, Schneider S, Lanzanova ME, Girardello VC, Bragagnolo J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos fîsicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 2008;32:1723–1734.

Pires LF, Borges JAR, Rosa JA, Cooper M, Heck RJ, Passoni S, Roque WL. Soil structure changes induced by tillage systems. Soil and Tillage Research. Elsevier B.V.; 2017;165:66–79.

Poulsen TG. Gas permeability in soil as related to soil structure and pore system characteristics. In: Logsdon S, Berli M, Horn R, organizadores. Quantifying and modeling soil structure dynamics. 3º ed Madison WI: Soil Science society of América; 2013. p. 155–185.

Prevedello CL, Armindo RA. Física do Solo com Problemas Resolvidos. 2º ed. Prevedello CL, organizador. Curitiba Paraná Brasil; 2015.

Rabot E, Wiesmeier M, Schlüter S, Vogel H-J. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. Geoderma. Elsevier; 2018;314:122–137.

Reeve RC. A Method for Determining the Stability of Soil Structure Based Upon Air and Water Permeability Measurements. Soil Science Society of America Journal. 1953;17:324.

Reichert JM, da Rosa VT, Vogelmann ES, da Rosa DP, Horn R, Reinert DJ, Sattler A, Denardin JE. Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. Soil and Tillage Research. 2016;158:123–136.

Reynolds WD, Drury CF, Tan CS, Fox CA, Yang XM. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. Geoderma. Elsevier B.V.; 2009;152:252–263.

Reynolds WD, Elrick DE. Fallin head soil core (Tank) method. In: Dane J., Top C, organizadores. Methods of soil analysis, Part 4 Physical méthods. 3º ed Madison WI: Soil Science society of América; 2002. p. 809–812.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Adubação fosfatada e potássica de sistemas na sucessão trevo persa e arroz irrigado

**Filipe Selau Carlos[(1)]; Cristiano Weinert[(2)]; Edegar Mateus Bortowski[(3)]; Maicon Lages Campelo(3); Lucas Vasconcellos dos Santos[(4)]; Jorge Rieffel[(5)]; João Carlos Lima[(5)]; Rogério Oliveira de Sousa[(1)].**

[(1)] Eng. Agr. Professor Dpto Solos, UFPel; [(2)] Mestrando PPG MCSA-UFPel; [(3)] Instituto Rio Grandense do Arroz; (4) Graduando em Agronomia, FAEM/UFPel; [(5)] Eng. Agr. Granja 4 Irmãos.

## INTRODUÇÃO

Nós últimos 20 anos o cultivo de arroz irrigado passou por uma revolução em tecnologia e por mudanças de manejo. Essas melhorias propiciaram um impacto bastante positivo em ganhos de produtividade de grãos de patamares próximos a 5 t $ha^{-1}$ no início dos anos 2000 até uma produtividade média atual no RS de 8 t $ha^{-1}$ (SOSBAI, 2018). Além de novas tecnologias em manejo da cultura e lançamento de novas cultivares nos últimos anos houve uma evolução considerável da adoção de rotação de culturas, principalmente de soja. O cultivo dessa oleaginosa em terras baixas em rotação com o arroz representa 341 mil ha (IRGA, 2020).

Além disso, nas terras baixas, nos últimos anos, destaca-se o início da adoção de leguminosas hibernais solteiras ou em consórcio com azevém. Essas culturas são mantidas somente como coberturas ou podem ser exploradas pelo pastejo. Assim, é crescente a demanda por informações em relação à adubação de sistemas que englobam mais de uma cultura. Com os sistemas de produção mais emergentes em terras baixas com a inclusão de soja em rotação e de leguminosas hibernais como o trevo persa, além do arroz irrigado, surge demanda de informações que envolvem a adubação de sistemas em ambientes de terras baixas.

O fósforo e o potássio são elementos que são bastante limitantes em relação ao desenvolvimento de culturas de terras baixas. O conhecimento em relação a dose, momento e local de aplicação de adubação fosfatada e potássica em culturas da soja, arroz irrigado e forrageiras de forma isolada é amplamente conhecido e há recomendações oficiais (CQFS, RS/SC, 2016). Contudo, em relação à adubação de sistemas ainda há poucos trabalhos para subsidiar recomendações mais concretas e seguras.

A adubação de sistemas possui alguns requisitos como os teores de disponibilidade de nutrientes serem superiores ao teor crítico, ter plantas vivas cobrindo o solo durante a maior parte das estações de crescimento e considerar as doses de nutrientes com base nas culturas de maior exigência.

Nesse sentido, a adubação de sistemas pode melhorar a distribuição de nutrientes no perfil do solo, potencializar o desenvolvimento das coberturas ou forrageiras hibernais e operacionalmente tornar o processo de semeadura de culturas de verão mais rápido e viabilizar uma maior proporção do

estabelecimento da área na época recomendada.

Nesse sentido, esse trabalho teve o objetivo de avaliar a adubação fosfatada e potássica de sistemas na sucessão agrícola trevo persa e arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido nos anos agrícolas 2018/19 e 2019/20 na Granja 4 Irmãos, Rio Grande-RS. O solo onde foi estabelecido o experimento é um Palnossolo Haplico com 1,2% de M.O, com relevo plano e declividade máxima de 2%, apresenta má drenagem e textura franca com 21% de argila.

A área onde foi instalada o experimento era proveniente de preparo de verão e estava em pousio no ano agrícola anterior. O trevo persa foi semeado como cobertura de outono/inverno e os tratos culturais na cultura do arroz foram realizados conforme (SOSBAI, 2018). Foram avaliados três tratamentos: (I) Manejo convencional: 100% da adubação fosfatada e potássica da cultura do arroz foi aplicada na primavera, (II) 100% do P e K do arroz foi aplicado na pastagem: aplicação integral da adubação fosfatada e potássica da cultura do arroz no inverno na cultura do trevo persa e (III) 50% do P e K do arroz na pastagem: realização de 50% adubação fosfatada e potássica da cultura do arroz aplicada antecipadamente no inverno na cultura do trevo persa e os 50% restantes aplicados na primavera junto da semeadura da cultura do arroz irrigado. No ano agrícola 2019/20 foi adicionado tratamentos testemunha sem adição de P e K. As doses utilizadas foram de 74 e 110 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ e $K_2O$, respectivamente. Os teores de fósforo e potássio do solo foram classificados como alto e baixo, respectivamente.

Ao final do experimento, a produtividade foi quantificada através da colheita de uma área útil de 2 m x 2 m, totalizando 4,0 $m^2$ em cada parcela. Após a colheita, as amostras foram devidamente identificadas e submetidas a trilha e posterior determinação de impureza e umidade, que foram utilizadas para o cálculo de produtividade à 13% de umidade, a produtividade foi expressa em Kg $ha^{-1}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos resultados obtidos não se observou diferença estatística entre os diferentes manejos da adubação fosfatada e potássica de sistemas nos anos agrícolas de 2018/19 e 2019/20 (Figuras 1 e 2).

O solo onde foi estabelecido os experimentos possui alto teor de fósforo, próximo a 12 mg $dm^{-3}$. Soma-se a isso a baixa necessidade de extração e exportação pela cultura do arroz irrigado, na qual possui uma quantidade de exportação de cerca de 4 a 5 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ por tonelada de grãos. Além das baixas exigências, o fósforo possui uma baixa mobilidade no perfil do solo em razão das suas ligações de forte interação com os óxidos do solo o que diminui significativamente a probabilidade de perda desse nutriente. Assim, nessa faixa de disponibilidade de fósforo, esse elemento pode ser aplicado na semeadura do trevo, período do outono, e garantir o suprimento para a cultura do arroz no verão sem reduzir a produtividade de grãos.

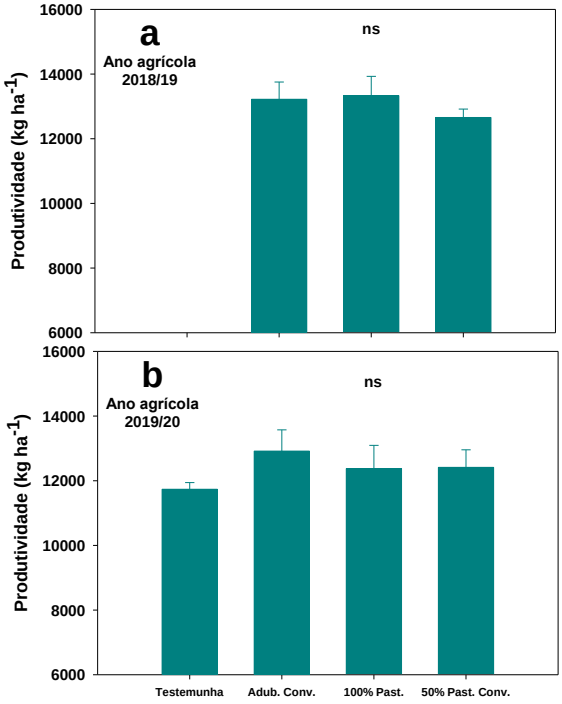



**Figura 1.** Produtividade de grãos de arroz irrigação em diferentes manejos de sistemas de adubação fosfatada nos anos agrícolas 2018/19 e 2019/20 em sistema de sucessão trevo / arroz irrigado. Granja 4 Irmãos, Rio Grande-RS. **Testemunha**: sem adição de P; **Adub. Conv.**: aplicação integral de P na cultura do arroz; **100% Past.**: aplicação integral de P no outono no estabelecimento do trevo e **50% Past. Conv.**: aplicação de 50% da necessidade de P no

outono e 50% na semeadura do arroz. ns: sem diferença estatística.

O potássio também não apresentou diferença em nível de significância de 5%. A aplicação integral de potássio no período de outono, na semeadura do trevo, ou parcelada 50% no outono e 50% no estabelecimento do arroz mostraram produtividades similar à adubação convencional aplicada integralmente na semeadura do arroz. Contudo, cabe salientar que há uma tendência nos dois anos agrícolas de menor produtividade à medida que se antecipa o potássio de forma integral (100%) ou parcial (50%). Mesmo que estatisticamente não tenha se observado diferença é uma tendência em dois anos agrícolas que representa diferenças de 500 a 1000 kg $ha^{-1}$ de grãos. Possivelmente, esteja associado a maior mobilidade do potássio no perfil do solo e ter uma maior probabilidade de perda. Considera-se ainda o baixo teor de potássio do solo no local onde foram estabelecidos os experimentos.

Nesse cenário, a adubação fosfatada de sistemas integral ou parcial pode ser uma alternativa em sistemas de sucessão leguminosa hibernal (trevo persa) com estabelecimento de arroz irrigado em solo com alta disponibilidade de fósforo. Na antecipação integral ou parcial da adubação potássica não se observou diferenças. Porém, em razão das tendências de menor produtividade, mais anos agrícolas e diferentes locais devem ser avaliados, principalmente se considerarmos que a maior parte dos solos arrozeiros se encontram nas classes de baixa (≤7,5 $cmol_c$ $dm^{-3}$) e média (7,6-15,0 $cmol_c$ $dm^{-3}$) $CTC_{pH7,0}$.

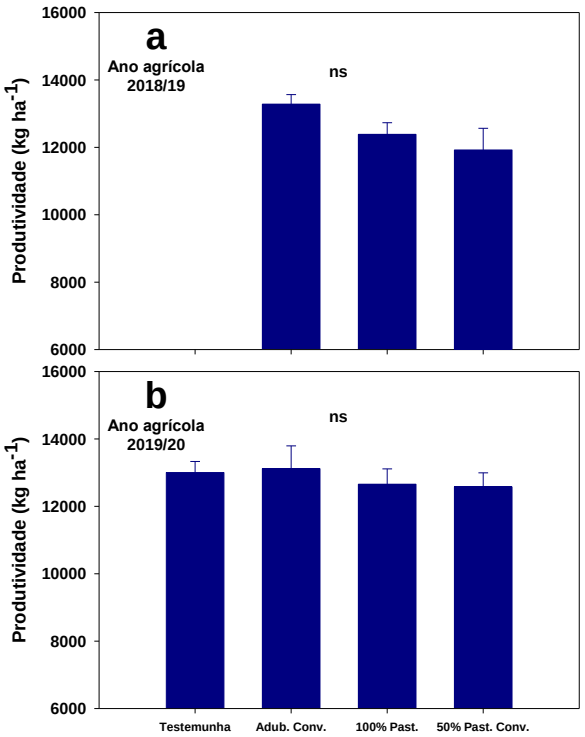



**Figura 2.** Produtividade de grãos de arroz irrigado em diferentes manejos de sistemas da adubação potássica nos anos agrícolas 2018/19 e 2019/20 em sistema de sucessão trevo / arroz irrigado. Granja 4 Irmãos, Rio Grande-RS. **Testemunha**: sem adição de K; **Adub. Conv.**: aplicação integral de K na cultura do arroz; **100% Past.**: aplicação integral de K no outono no estabelecimento do trevo e **50% Past. Conv.**: aplicação de 50% da necessidade de K no outono e 50% na semeadura do arroz. ns: sem diferença estatística.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada de sistema de forma integral ou parcial no estabelecimento de leguminosas hibernais mantém o potencial de produtividade de grãos de arroz irrigado em solo alto teor de disponibilidade de fósforo.

A adubação potássica de sistemas na sucessão trevo persa/arroz irrigado necessita de mais estudos em anos agrícolas e locais para avaliar a reposta da cultura.

## REFERÊNCIAS

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 376 p., 2016.

IRGA, Serviços e informações. Soja. Acesso em: https://irga.rs.gov.br/safras-2 no dia 20/09/20.

SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. In: XXXII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 2018, Farroupilha, RS. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018, 205p.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Compactação do Solo em Área de Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) de Terras Altas no Cerrado

**Izabely Alves Lopes[(1)]; Tiago Alves Pereira[(2)]; Anderson Lopes Alves Júnior[(3)]; Camila Santos Ferreira[(4)]; Rose Luiza Moraes Tavares[(5)]**

[(1)]Estudante de Agronomia, Universidade de Rio Verde - UniRV, Rua Laudemiro José Bueno, 645, Setor Central, Rio Verde – Go, 75901-130, izabelyalopes@gmail.com; [(2)]Engenheiro Agrônomo; [(3)] Estudante de Agronomia, UniRV; [(4)]Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, UniRV; [(5)]Professora da Faculdade de Agronomia, UniRV.

## INTRODUÇÃO

A população mundial está crescendo constantemente e até em 2050 deve alcançar, segundo pesquisas da ONU, a 9 bilhões de pessoas e consequentemente aumentará a demanda por alimentos para suprir o aumento populacional.

O arroz (*Oryza sativa*) está presente em todo globo e é consumido, por grande parte da população mundial. No Brasil, o arroz, por ser um dos principais alimentos da população, assume relevante importância econômica e social. É produzido no Norte, mas com maior predominância ao Sul do País (SANTOS, 2009), basicamente por meio de dois sistemas: arroz irrigado, por inundação controlada, em solos de várzeas subtropicais e tropicais e, arroz de terras altas, predominantemente, em solos de cerrado, com aproveitamento apenas das precipitações, que ocorrem durante o ciclo da cultura.

No entanto, a diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos, para a irrigação da cultura do arroz, por causa do aumento do consumo industrial e humano, tem exigido a busca por sistemas, que possibilitem o cultivo do cereal, com maior racionamento de água (FENG et al., 2007).

A cultura do arroz (*Oryza sativa*) está sujeita a diversas tensões abióticas e o seu desempenho é caracterizado principalmente, em função da ocorrência, tempo e veemência da chuva que ocorre na região do Cerrado brasileiro, onde está concentrado o maior número de cultivo de arroz de terras altas ou sequeiro (TUONG et al., 2000).

A constante mudança de uso e a aplicação de práticas agrícolas podem descaracterizar significativamente a estrutura da física do solo, favorecendo a ocorrência de compactação (REICHERT et al., 2007), redução dos níveis de carbono do solo (ROSA et al., 2011) e diminuição da resistência de agregados (NUNES et al., 2002).

Diversas pesquisas têm focado o aumento da produtividade e qualidade do arroz, para isso, é necessário melhorar as condições de solo, como a sua física, sendo um dos métodos, para à detecção do estado de compactação do solo, avaliando a resistência deste, como a penetração.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado de compactação do solo, em área de cultivo de arroz BRS Sertaneja e BRS Serra Dourada de terras altas, no cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no dia 06/12/2018 em campo, em área pertencente à sede da Universidade de Rio Verde em Rio Verde (GO), coordenadas 17°47'18" S 50°57'31" W, com clima do tipo Aw. 23.3 °C segundo Koppen, altitude 739 m e solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

Foram plantadas cultivares de arroz do tipo "BRS Sertaneja" e "BRS Serra Dourada", com fileiras de 4 m de comprimento, e espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 8 $m^2$.

Utilizou-se linha e entrelinha de cada variedade para avaliar o estado de compactação do solo, com o intuito de analisar o efeito da presença e ausência

de raiz na resistência do solo à penetração.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com duas variedades de arroz e 3 blocos.

A avaliação da resistência do solo à penetração foi feita através de um penetrômetro eletrônico (Penetrolog, Falker), que mede a pressão exercida no solo em MPa ou KPa de uma haste cônica introduzida até 40 cm de profundidade. Os dados foram gerados a cada 1 cm.

As coletas de solo para a avaliação de umidade foram feitas com auxílio de trado nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm e envolvidas em papéis de alumínio para preservação da umidade. As amostras foram pesadas úmidas e armazenadas em uma estufa por 24 horas para secar, após secas foram pesadas novamente para obtenção dos dados de umidade.

Para análise de dados, o modelo estatístico utilizado foi um fatorial 2 x 2 x 3, tendo como primeiro fator as cultivares de arroz (BRS Sertaneja ou BRS Serra Dourada), como segundo, o local de avaliação na área (linha ou entrelinha) e como terceiro, a profundidade de avaliação (0 -10, 10 – 20, 20 – 40 cm), totalizando 36 unidades experimentais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados mostram que a cultivar de arroz Serra Dourada obteve menor resistência à penetração (2,49 MPa) quando comparada à cultivar Sertaneja (3,07 MPa), demostrando assim um maior potencial para a cultivar Serra Dourada em melhorar o aspecto físico do solo (**Tabela** 1). Em estudo de Jordão et al. (2017) que comparou 12 cultivares de arroz, incluindo as cultivares Serra Dourada e Sertaneja, os autores detectaram maior desempenho as condições de manejo para a cultivar Serra Dourada.

**Tabela 1.** Valores médios da resistência do solo à penetração (RP) e umidade do solo (Umid), em área com cultivares de arroz, em Rio Verde – GO.

| Cultivar | RP (MPa) | Umid (%) |
|---|---|---|
| Serra Dourada | 2,49 b | 19,86 a |
| Sertaneja | 3,07 a | 23,38 a |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados mostraram que a umidade do solo com a variedade BRS Serra Dourada e BRS Sertaneja (19,86 e 23,38 % respectivamente) não diferiu estatisticamente. No entanto, estudos mostram, quando o solo está úmido, sua capacidade de suporte de carga é baixa, tornando-o vulnerável ao processo de compactação (LARSON et al., 1980). Assim sendo, a capacidade do solo de compactar-se relaciona-se com o teor de umidade deste.

Referente a resistência à penetração na linha e entrelinha, o valor foi inferior para a linha de plantio (2,93 MPa) quando comparado à entrelinha com 3,17 MPa (**Tabela 2**). Esse resultado possivelmente se deu devido as raízes fasciculadas, como a do arroz, favorecerem a descompactação no solo na linha do que na entrelinha.

O constante tráfego de maquinários agrícolas, pode ocasionar a compactação superficial dos solos nas entrelinhas de plantio, promovendo o mal desenvolvimento das raízes. Em tais condições, as plantas de arroz esgotam rapidamente as reservas hídricas disponíveis no solo, podendo ocorrer severa deficiência de água na planta (BARTON et al., 1966).

**Tabela 2.** Valores médios da resistência do solo à penetração (RP) avaliada na linha e entrelinha em área, com cultivares de arroz de terras altas, em Rio Verde – GO.

| Local de Avaliação | RP (MPa) |
|---|---|
| Linha | 2,93 b |
| Entrelinha | 3,17 a |

(1) Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A resistência à penetração e umidade do solo em profundidades mostrou menor RP na camada 0-10cm (0,77 MPa) comparada as demais camadas com 3,65 e 3,91 MPa para 10-20 e 20-40 cm respectivamente (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Valores médios da resistência do solo à penetração (RP) e umidade do solo (Umid) em diferentes profundidades do solo, em área com cultivo de arroz em terras altas, em Rio Verde – GO.

| Profundidade (cm) | RP (MPa) | Umid (%) |
|---|---|---|
| 0 – 10 | 0,77 b | 19,35 b |
| 10 – 20 | 3,65 a | 19,42 b |
| 20 – 40 | 3,91 a | 26,08 a |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Isso ocorreu devido a arquitetura radicular (raízes mesocótilas, adventícias e seminais) das plantas de arroz de terras altas que favorecem a descompactação em camadas superficiais. Porém, o inverso ocorreu para umidade do solo, sendo

maior na camada 20-40cm (26,08%) comparado às camadas 0-10 cm (19,35%) e 10-20 cm (19,42%), isso pode provavelmente ter ocorrido devido a maior exposição ao sol das camadas superficiais, tornando este um ambiente mais seco quando se comparado ao mais profundo.

De todas as interações entre os fatores de avaliação avaliadas, a interação entre local de avaliação (linha e entrelinha) e profundidade do solo foi significativa apenas na linha; com menores valores de RP nas profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, e maior valor na camada de 20 – 40 cm (**Tabela 4)**.

**Tabela 4.** Valores médios de resistência do solo à penetração (MPa) na linha e entrelinha em profundidade do solo em área sob cultivo de arroz, em Rio Verde – GO.

| | Prof. do solo (cm) | | |
|---|---|---|---|
| Local de avaliação | 0-10 | 10-20 | 20-40 |
| Linha | 0,06 b | 3,17 b | 3,94 a |
| Entrelinha | 1,48 a | 4,65 a | 3,37 a |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores médios na entrelinha não foram significativos, em nenhuma profundidade, provavelmente devido a menor concentração de raízes na entrelinha. Em um estudo feito por Dexter (1988), a porosidade de aeração do solo na entrelinha revela uma possível restrição ao desenvolvimento radicular, decorrente da inadequada aeração.

## CONCLUSÕES

A cultivar de arroz BRS Serra Dourada apresentou menor resistência do solo à penetração, em comparação com a cultivar de arroz BRS Sertaneja.

Indiferente da cultivar de arroz, a resistência do solo à penetração foi menor na camada de 0-10 cm quando comparada com 10-20 e 20-40 cm.

A umidade do solo foi menor nas camadas superficiais de 0-10 cm e 10-20 cm e maior na camada de 20-40 cm.

## REFERÊNCIAS

Barton H, Mccully WG, Taylor HM, Box JEJ. Influence of soil compaction on emergence and firstyear growth of seeded grasses. Journal of Range Management; 1966.v. 19. p. 118-121.

Dexter AR. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**; 1988. v.11. p. 199-238.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Ed: 3 rev. e ampl. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília; 2013. P.353.

Feng, LP, Bouman BAM, Tuong TP, Cabangon RJ, Li YL, Lu GA, Feng YH. Exploring options to grow rice under water-short conditions in northern China using a modeling approach. I: field experiments and model evaluation. Agricultural Water Management; 2007. v. 88. p. 1-13.

Jordão HWC, Radmann V, Campos MCC, Silva DMP, Ramos RJL, Mantovanelli BC. Características agronômicas de arroz de terras altas cultivado na Amazônia Ocidental. Revista de Ciências Agrárias; 2017. v. 60. n. 4. p. 307-314.

Larson WE.; Gupta SC. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. Soil Sci. Soc., 44;1980. p. 1127- 1132.

Nunes ML, Klamt E, Reichert JM, Dalmolin RSD. Características de solos sistematizados em duas áreas cultivadas com arroz sob inundação. Revista Brasileira Ciência de Solo; 2002. v. 26. p. 395-406.

Reichert JM, Suzuki LEAS, Reinert D J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM. Tópicos em ciência do solo. Ed: SBCS, Viçosa/ MG, 2007, p. 49-134.

Rosa CM, Castilhos RMV, Pauletto EA, Pillon CA, Leal OA. Conteúdo de carbon orgânico em Planossolo Háplico sob sistemas de manejo do arroz irrigado. Revista Brasileira de Ciência de Solo; 2011. v. 35. p. 1769-1776.

Santos RCG. Cenário atual do mercado de arroz. Planeta Arroz; 2009. v. 10. n. 31. p. 21-23.

Stone LF, Moreira JAA, Rabelo RR, Biava M. Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão: Embrapa Informação Tecnológica; 2001. p. 232.

Tuong TP. Characterizing and understanding rainfed environments. Los Baños: International Rice Research Institute, 2000. FAO. [Acessado em 30 maio. 2019]. Disponível em: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300071207.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Avaliação do Crescimento Radicular em Plantas de Arroz Tratadas com Ácido Húmico

**João Cesar de Almeida[(1)]; Andressa Fabiane Faria de Souza[(2)]; Brisa Ribeiro de Lima[(2)]; Andrés Calderín García[(3)]; Carlos Alberto Bucher[(4)]; Leandro Azevedo Santos[(5)]**

[(1)]Estudante de Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rodovia BR 465 km 7, Seropédica-RJ, CEP 23890-000, E-mail: joao.cda@live.com; [(2)]Estudante de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRRJ; [(3)]Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFRRJ; [(4)]Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, UFRRJ [(5)]Professor Associado do Departamento de Solos, UFRRJ

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o cereal de maior importância econômica e social para muitos países em desenvolvimento e constitui a alimentação básica de mais da metade da população mundial (FAO, 2017). Na dieta da população brasileira, o arroz fornece 20% da energia e 15% da proteína total necessária (Lam-Sánchez et al., 1994). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2 e 12 da Organização das Nações Unidas preveem que até 2030 será necessário dobrar a produtividade agrícola, tornando-se crucial a adoção de novas técnicas no cultivo de arroz para aumentar sua produção de forma sustentável (Sustainable Development Goals, 2015).

O uso de bioestimulantes está ganhando uma significativa visibilidade científica e comercial, e é considerada uma técnica promissora na melhoria da sustentabilidade ecológica da produção agrícola (European Biostimulant Industry Council, 2013). Dentre as substâncias bioestimulantes, muitos estudos mostram que a aplicação exógena de substâncias húmicas (SH) tem um efeito direto na produtividade das plantas, melhorando a aquisição de nutrientes, aumentando a tolerância ao estresse, e estimulando o crescimento do sistema radicular (Conselvan et al., 2017; García et al., 2019).

As SH são de ocorrência natural nos solos, que surgem da decomposição e transformação de resíduos vegetais, animais e microrganismos, e estão diretamente ligados à fertilidade do solo, além de melhor crescimento e nutrição mineral das plantas (Olaetxea et al., 2016). Apesar das evidências estabelecidas dos efeitos bioestimulante, muitos aspectos funcionais das SH ainda precisam ser elucidados.

Devido a maior facilidade de obtenção e suas características químicas, o ácido húmico (AH) tem sido escolhido nos estudos de substâncias bioativas (Nardi et al., 2002; Canellas et al., 2008). Nesse contexto, determinar a dose ótima do ácido húmico para o maior estímulo do crescimento radicular fornecerá um melhor entendimento sobre a sua atuação.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de arroz da variedade Nipponbare foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio 2,5% sob agitação por inversão durante 15 minutos, e lavadas com água deionizada cinco vezes. Em seguida, foram acondicionadas sobre gaze em vasos com capacidade de 1,7 L e colocadas para germinar em água deionizada. A germinação e o cultivo das plantas serão realizados na Câmara de Crescimento do Departamento de Solos da UFRRJ, com fluxo de fótons fotossintéticos dentro de uma faixa de 318 a 330 µmols $m^{-2}.s^{-1}$; fotoperíodo 14horas/10horas (luz/escuro), umidade relativa do ar de 70% e temperatura 28°C (diurna/noturna).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições (n=8/repetição). 3 dias após a germinação (DAG), foi fornecida uma solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950)

modificada com ½ força iônica contendo 2 mM de N (1,5 mM de N-$NO_3^-$ e 0,5 mM de N-$NH_4^+$), com o pH sendo mantido a 5,8. Esta solução foi trocada a cada três dias, e aos 12 DAG as plantas foram coletadas (**Figura 1**).

Para estabelecer a dose ótima do ácido húmico (AH), obtido a partir de vermicomposto de esterco bovino, foram avaliadas as seguintes doses: 0, 2, 5, 10, 30, 50, 80, 100 e 150 mg de AH.$L^{-1}$. As concentrações do ácido húmico foram baseadas em experimento prévio realizado por Tavares et al. (2017). O isolamento e a purificação do AH foi realizado com base na metodologia proposta pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) como descrito por Swift (1996).

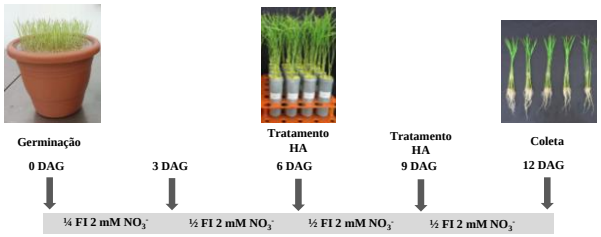



**Figura 1.** Esquema experimental das condições de cultivo e crescimento. DAG: dias após a germinação.

**Análise da morfologia radicular**

As raízes foram escaneadas e as imagem analisadas através do software WinRhizo Arabdopsis (2012b), na definição de 600 dpi (pontos por polegada). Foram obtidos os seguintes parâmetros: comprimento total de raiz, área de superfície, número de pontas e diâmetro médio das raízes.

**Análise estatística**

Os efeitos das concentrações do AH foram analisados por regressão quadrática. As equações foram calculadas para determinar as concentrações do AH que mais estimularam. Os gráficos foram construídos usando o Sigmaplot®12 software (Systat Software, Inc. Germany and India).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito sobre o crescimento radicular em raízes tratadas com AH variou nas diferentes concentrações testadas (**Figura 2**). Raízes tratadas com AH resultou em um incremento no comprimento radicular, na área de superfície das raízes e no número de raízes, de acordo com o aumento da dose (**Figura 2A-C**).

Não tendo sido observado o mesmo comportamento para o diâmetro, em que ocorreu inicialmente uma leve redução com posterior aumento no parâmetro (**Figura 2D**).

A área superficial e comprimento são um dos principais parâmetros utilizados para expressar as taxas de absorção de água e nutrientes (Rossielo et al., 1995). Além disso, raízes de menor diâmetro, apresentam uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes devido ao aumento na superfície de contato raiz-solo (Rangel, 2018). De acordo com o mesmo autor (Rangel, 2018), quanto maior o número de pontas, maior a emissão de raízes laterais, favorecendo uma maior capacidade de exploração do solo.

A redução no diâmetro (**Figura 2D**) ocasionada pelas doses intermediárias favoreceu o surgimento de raízes mais finas, podendo contribuir para o aumento na capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes.

Na **figura 2E** é possível visualizar a resposta na produção de biomassa radicular nas diferentes concentrações testadas.

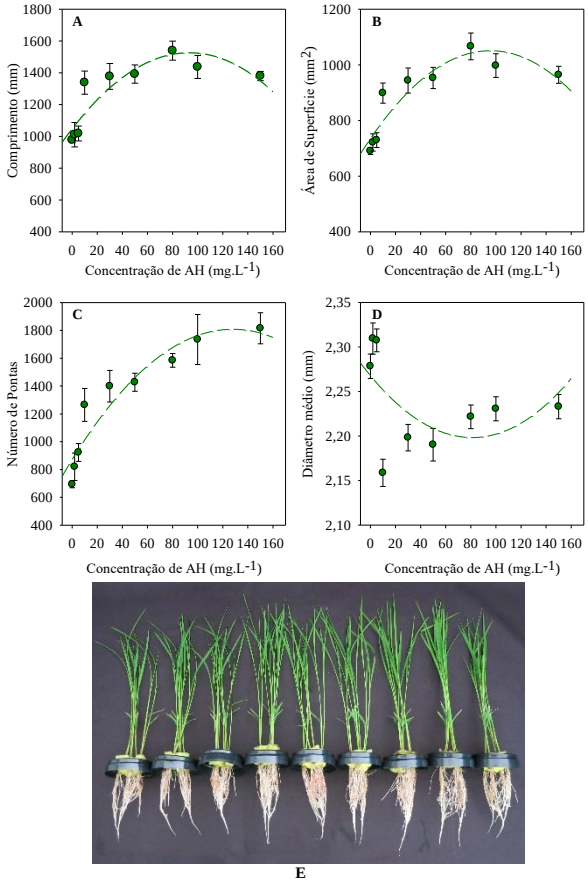



**Figura 2**. Parâmetros morfológicos e imagem de raízes de plantas tratadas com ácido húmico (AH) em doses crescentes. A. Comprimento (mm); B. Área de Superfície ($mm^2$); C. Número de Pontas;

D. Diâmetro médio (mm); E. Imagem das raízes nas diferentes concentrações (da esquerda para a direita): 0, 2, 5, 10, 30, 50, 80, 100 e 150 mg de AH.L$^{-1}$.

Quando avaliada a produção de biomassa na raiz e parte aérea é possível verificar que ocorreu um maior estímulo pelo efeito do AH (**Figura 3**). De acordo com Olaetxea et al. (2015) as SH na concentração de 100 mg.L$^{-1}$ possuem um efeito positivo sobre a rizosfera, e elevadas concentrações podem inibir o crescimento da parte aérea, devido ao bloqueio que pode ocorrer na absorção de água pelas raízes.

Para as nossas condições experimentais, o efeito positivo sobre os parâmetros radiculares e a biomassa ocorreu mais proeminente na dose intermediária de 80 mg de AH.L$^{-1}$, sendo observado um efeito negativo nas concentrações superiores.

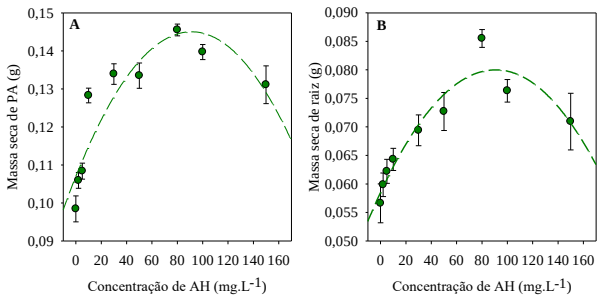



**Figura 3.** A. Massa seca parte aérea (PA) e B. Massa seca de raiz, em gramas nas diferentes concentrações: 0, 2, 5, 10, 30, 50, 80, 100 e 150 mg de AH.L$^{-1}$.

As substâncias húmicas desencadeiam uma série de eventos que modulam a morfologia e arquitetura do sistema radicular por meio de complexas interações que envolvem vias de sinalização, ação tipo hormonal e ativação de rotas bioquímicas, resultando em efeitos positivos quando em concentrações adequadas no meio (García et al., 2018).

A partir dessas curvas de calibração, foi possível determinar a dose ótima do AH. Além disso, foi possível verificar o seu efeito sobre o desenvolvimento e o crescimento radicular estimulado nas diferentes doses.

Para caracterizar os mecanismos fisiológicos por trás dessas respostas, novas abordagens moleculares e inibidores de espécies reativas de oxigênio (ERO) associados as vias hormonais de plantas, precisam ser empregadas.

## CONCLUSÕES

A aplicação do AH estimulou o crescimento radicular e o crescimento da parte aérea, porém em concentrações elevadas ocasionou uma inibição.

A ação benéfica ocorreu em uma concentração intermediária: 80 mg de AH.L$^{-1}$, que contribuiu para uma maior emissão de raízes mais finas, maior comprimento radicular, área de superfície, e número de pontas.

A contribuição positiva nos parâmetros radiculares permite um maior volume de solo a ser explorado, favorecendo uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes.

**AGRADECIMENTOS:** Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (PPGA-CS), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

## REFERÊNCIAS

Canellas LP, Zandonadi DB, Busato JG, Baldotto MA, Simões ML, Martin-Neto L, Façanha AR, Spaccini R, Piccolo A. Bioactivity and chemical characteristics of humic acids from tropical soils sequence. Soil Scienc. 2008;173:624-637.

Conselvan GB, Pizzeghello D, Francioso O, Foggia MD, Nardi S, Carletti P. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. Plant Soil. 2017;420:119-134.

European Biostimulant Industry Council – EBIC. 2013. [Acessado em: 04 set. 2020]. Disponível em: http://www.biostimulants.eu/wp-content/uploads/2013/04/Biostimulant_economics_17April2013.pdf.

FAO. FAOSTAT database: agriculture production. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017.

García, AC, García-Mina JM, Tavares OCH, Santos LA, Berbara RLL. Substâncias húmicas e seus efeitos sobre a nutrição de plantas. In: Fernandes MS, Souza SR, Santos LA, editores. Nutrição Mineral de Plantas. 2nd ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018, cap. 7, p. 227-277.

García AC, Castro TAT, Santos LA, Tavares OCH, Castro RN, Berbara RLL, García-Mina JM. Structure-property–function relationship of humic substances in modulating the root growth of plants: a review. J. Environ. Qual. 2019;48:1622-1632.

Lam-Sánchez A, Santos JE, Takamura K, Treptow RMO, Oliveira JED. Estudos Nutricionais com arroz (Oryza sativa, L.). Alim Nutr. 1994;5:37-48.

Nardi S, Pizzeghello D, Muscolo A, Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol Biochem. 2002;34:1527-1536.

Olaetxea M, Mora V, Bacaicoa E, Garnica M, Fuentes M, Casanova E, Zamarreño AM, Iriarte JC, Etayo D, Ederra I, Gonzalo R, Baigorri R, García-Mina JM. Abscisic acid regulation of root hydraulic conductivity and aquaporin gene expression is crucial to the plant shoot growth enhancement caused by rhizosphere humic acids. Plant Physiol. 2015;169:2587-2596.

Olaetxea MMV, García AC, Santos LA, Baigorri R, Fuentes M, Garnica M, Berbara RLL, Zamarreño AM, García-Mina JM. Root-shoot signaling crosstalk involved in the shoot growth promoting action of rhizospheric humic acids. Plant Signal Behav. 2016;11, e1161878.

Rangel, Rafael Passos. Arquitetura radicular e tolerância à seca em plantas de arroz com elevada expressão de citocinina oxidase nas raízes. 2018. 82f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

Rossiello ROP, Araújo AP, Manzatto CV, Fernandes MS. Comparação dos métodos fotoelétrico e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. Pesq Agropec. Bras. 1995;30:633-638.

Sustainable Development Goals – SDG. 2015. [Acessado em: 04 set. 2020]. Disponível em: https://sdgs.un.org/goals.

Swift, R. S. Organic matter characterization. In: Sparks, D. L. et al. (Eds). Methods of Soil Analysis Part 3 - Chemical Methods. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1996, cap. 35, p.1018-1020.

Tavares OCH, Santos LA, Ferreira LM, Sperandio MVL, Rocha JG, García AC, Dobbss LB, Berbara RLL, Souza SR, Fernandes MS. Humic acid differentially improves nitrate kinetics under low and high-affinity systems and alters the expression of plasma membrane H+-ATPases and nitrate transporters in rice. Ann. Appl. Biol. 2017;170:89-103.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Teores de matéria orgânica, fósforo e potássio em solo de terras baixas utilizado com sistemas integrados de produção agropecuária no Sul do Brasil

**Juliano Brum de Quevedo[(1)]; Marcelo Ferreira Ely [(2)]; Julio Kuhn Da Trindade [(3)]; Amanda Posselt Martins[(4)]; Filipe Selau Carlos [(5)] ; Milena Moreira Peres [(6)]**

[(1)] Eng. agr., Doutorando Programa de Pós Graduação Manejo e Conservação do Solo e da Água - PPG MCSA, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, Rua General João Teles 1467/ 601, juliano-quevedo@irga.rs.gov.br.; [(2)] Eng. agr., Mestrando Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo - PPG CS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, IRGA; [(3)] Eng. agr., Dr., Lab de Microbiologia Agrícola, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária- SAPDR ; [(4)] Eng. agr., Dr.,Professora UFRGS; [(5)] Eng. agr., Dr.,Professor UFPel; [(6)] Eng. agr., Doutoranda PPG MACSA – UFPEL.

## INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo do arroz predominante no Rio Grande do Sul (RS) é baseado no monocultivo e no intenso e frequente revolvimento do solo. Tal cenário conduz à gradativa redução da fertilidade do solo, deterioração das propriedades químicas e físicas, consequentemente, ocasionando um declínio produtivo e intensificando as preocupações referentes à sustentabilidade da atividade arrozeira (Joshi, 2007; Schoenfeld et al., 2012; Lal, 2015). Assim, mesmo fornecendo altas doses de fertilizantes, o sistema tradicional de monocultivo de arroz irrigado apresenta grande dependência destes insumos. Ao longo da trajetória de intensificação produtiva do arroz irrigado no RS, este sistema desconectou-se dos processos naturais envolvidos na ciclagem de nutrientes, os quais conferem maior sustentabilidade na produção de alimentos (Carvalho, 2020).

Por outro lado, tecnologias como sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), quando somadas às práticas adequadas de manejo conservacionista do solo, apresentam benefícios em relação aos sistemas de monocultivo, permitindo, por exemplo, maior eficiência de uso e redução nas quantidades de fertilizantes minerais.

Segundo Carlos et al. (2020), a adoção dos SIPA em áreas arrozeiras aumenta significativamente os teores dos principais macronutrientes na solução do solo cultivado com arroz irrigado. Além deste benefício, as atividades enzimáticas, que são de grande importância nos processos biogeoquímicos do solo, podem aumentar de 49 a 105% em relação ao monocultivo de arroz. Esse comportamento observado nos SIPA é especialmente importante para a disponibilidade dos macronutrientes para as plantas em terras baixas, contando com o funcionamento da comunidade microbiana do solo para a nutrição do arroz.

Denardin et al. (2018) explicam que os SIPA se diferenciam dos monocultivos agrícolas por contarem com o componente animal, o qual atua como catalisador dos processos, modificando e acelerando o fluxo dos nutrientes pela ingestão da biomassa vegetal. Isso pode ser elucidado através dos diversos estudos que verificaram que os bovinos exportam baixas quantidades de nutrientes, especialmente com a pecuária de corte. Alves et al. (2020) esclarecem que em um SIPA, do total das exportações de nutrientes, 95% saem do sistema via colheita de grãos e apenas 5% são exportados pela carcaça animal.

Dessa forma, essa mínima exportação de nutrientes na carcaça faz com que, a partir do uso de pastagens bem adubadas, rapidamente ocorra um aumento da fertilidade química do solo, garantindo-se altos teores de nutrientes disponíveis, mesmo em ambientes de terras baixas, sob cultivo do arroz irrigado (Carmona et al., 2018). Diversos estudos conduzidos em diferentes SIPA em terras baixas relataram alterações na dinâmica dos principais nutrientes

no solo, com rápido aumento da sua fertilidade, aliado a respostas diferenciadas do arroz à adubação sob esses sistemas (Denardin, 2020; Carmona et al., 2018; Carlos et al., 2020).

No entanto, ainda são escassos os estudos dessa temática (SIPA) em terras baixas, sobretudo no médio e longo prazo. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar teores de matéria orgânica, fósforo e potássio disponível em solo de terras baixas utilizado com SIPA no Sul do Brasil, após sete anos de cultivo em um protocolo experimental de longa duração.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental iniciou no ano de 2013, em uma área de aproximadamente 18ha pertencente à Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal, RS, Brasil, através de uma inciativa público-privada para difusão de sistemas de produção sustentáveis. O solo é classificado como Planossolo Háplico, com relevo plano a suavemente ondulado e declividade máxima de 4%, apresenta má drenagem e textura franca com 24, 23 e 53 % de argila, silte e areia, respectivamente. O experimento inclui cinco sistemas de produção de arroz irrigado (tratamentos), distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas com tamanho médio de 1,06 ha, conforme segue:

**Sistema 1:** arroz – pousio – arroz. Consiste de cultivo mínimo, com operações de gradagem e preparo de solo, logo após a colheita, como forma de preparo antecipado para a próxima safra. Neste sistema é adotado na entressafra o pousio e, portanto, não há pastejo animal.

**Sistema 2:** arroz – azevém (*Lolium multiflorum*) – arroz.

**Sistema 3:** arroz – azevém – soja (*Glycine max*) – azevém – arroz.

**Sistema 4:** rotação entre arroz, soja, milho (Zea mays) e capim sudão (*Sorghum sudanense*) no verão e pastagem de azevém e trevo branco (*Trifolium repens*) no ano de 2013 ou azevém e trevo da pérsia (*T. resupinatum*) nos anos de 2014 até 2018 no período hibernal. Neste sistema, o capim sudão é utilizado como forrageira em pastejo no verão.

**Sistema 5:** azevém + trevo branco + cornichão (*Lotus corniculatus* L.) – campo de sucessão (três anos) – arroz.

Com exceção do Sistema 1, todos os demais sistemas são conduzidos em semeadura direta (manejo conservacionista do solo). O único evento de mobilização do solo ocorre na restauração das taipas antes do cultivo do arroz e no sulco de semeadura das culturas agrícolas.

As culturas são manejadas de acordo com as suas recomendações técnicas oficiais, quais sejam: arroz – SOSBAI (2018); milho e sorgo – FEPAGRO (2009) e soja – EMBRAPA (2016).

Até o ano de 2017, todos os sistemas eram adubados tanto na lavoura como na pastagem (Denardin et al., 2018, capitulo 4), e a partir de março de 2017 iniciou-se com a adubação de sistema, onde toda a adubação com os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) é realizada na fase pastagem, a lanço. Somente no Sistema 1 a adubação continua sendo realizada no cultivo de arroz. A mudança do sistema de adubação foi decorrente do aumento dos teores de P e K do solo para níveis acima dos valores críticos estabelecidos pela CQFS-RS/SC (2016) para as culturas de grãos. Dessa forma, com a antecipação da fertilização, estratégia conhecida como adubação de sistema (Tangriani & Soares, 2016), espera-se que essa favoreça tanto o pasto, ao incrementar os ganhos pecuários, quanto a cultura em sucessão, que aproveitará os mesmos nutrientes.

As coletas das amostras de solo foram realizadas no mês de maio de 2020, pós-colheita da safra 2019-2020, na camada de 0 a 10 cm. As culturas que antecederam as coletas foram arroz nos sistemas 1 e 2, soja no sistema 3, milho no sistema 4 e campo nativo em sucessão no sistema 5. Realizou-se a amostragem em todas as quinze parcelas. Em cada uma das parcelas, coletou-se 20 subamostras para obtenção da amostra composta.

As amostras de solo foram analisadas no Laboratório de Análises de Solo e Águas do IRGA, o qual determinou o teor de P e K disponíveis (método Mehlich 1) e o teor de matéria orgânica por combustão úmida (método Walkley-Black) (Tedesco et al., 1995). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas com o teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise estatística dos dados demonstrou que, na camada de solo de 0 a 10 cm, ocorreu diferenças significativas em relação aos

atributos químicos analisados.

Ao analisar o teor de P disponível, verificou-se que os Sistemas 4 e 5 (maiores teores) apresentaram diferença significativa em relação aos sistemas 1 e 3 (menores teores). Já os Sistemas 1, 2 e 3, diferenciaram-se estatisticamente do Sistema 5, que apresentou maior quantidade de P disponível. Para o teor de K disponível, observou-se uma diferença significativa do Sistema 4 e 5 (maiores teores), em relação aos Sistemas 1 e 2 (menores teores) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teores de fósforo e potássio disponíveis (Mehlich-1) na camada de 0-10 cm do solo, após sete anos da adoção de diferentes sistemas de produção de arroz irrigado em terras baixas (Cristal, RS, 2020).

| Sistema de produção | Nutriente disponível no solo | |
|---|---|---|
| | Fósforo | Potássio |
| | ---------- mg $kg^{-1}$---------- | |
| Sistema 1 | 14 c | 44 b |
| Sistema 2 | 32 bc | 43 b |
| Sistema 3 | 29 c | 62 ab |
| Sistema 4 | 51 ab | 81 a |
| Sistema 5 | 56 a | 88 a |
| CV (%) | 16,5 | 19,9 |

(1) Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Sistema 1**: Considerado o Testemunha, com muito baixa diversidade de culturas, constituída unicamente do cultivo continuado do arroz, com mobilização anual do solo. **Sistema 2:** É um sistema com baixa diversidade, alta intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. **Sistema 3**: Sistema que emprega um primeiro nível de diversidade de culturas agrícolas, moderada intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. **Sistema 4:** Sistema com alta diversidade de culturas agrícolas, baixa intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. **Sistema 5:** Sistema com alta diversidade de espécies forrageiras, com baixa intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo.

Em relação ao teor de matéria orgânica (MO) do solo, averiguou-se que ocorreu uma diferença significativa somente entre o Sistema 1 e o Sistema 5. (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teores de matéria orgânica (Walkley-Black) na camada de 0-10 cm do solo, após sete anos da adoção de diferentes sistemas de produção de arroz irrigado em terras baixas (Cristal, RS, 2020).

| Sistema de produção | Matéria orgânica |
|---|---|
| | ---------- % ---------- |
| Sistema 1 | 2,0 b |
| Sistema 2 | 2,7 ab |
| Sistema 3 | 2,2 ab |
| Sistema 4 | 2,4 ab |
| Sistema 5 | 3,0 a |
| CV (%) | 13,4 |

(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Essas diferenças observadas entre o Sistema 1, e os demais sistemas (Sistemas 2, 3, 4 e 5) com a utilização de SIPA, podem ser explicadas pela recuperação da fertilidade química do solo, devido à utilização do manejo conservacionista (semeadura direta) e pelo manejo adequado das forrageiras e do pastejo dos animais. A correta condução das pastagens como "lavouras de pastos" (uso de sementes de qualidade, escolha de cultivar adequada, época de semeadura, adubação de base, adubação de cobertura, entre outros) e o pastejo moderado (entrada dos animais quando o pasto atingi aproximadamente 20 cm, mantendo-se esta altura ao longo do ciclo do pastejo), proporcionam uma rápida recuperação da fertilidade química do solo (Martins et al., 2015; Carlos, 2017; Denardin, 2018; Carmona et al., 2018).

O aumento intermediário do teor de MO do solo no Sistema 3, tem como uma das possíveis causa a presença da cultura da soja em rotação, a qual produz pouco resíduo e este é de rápida decomposição. No Sistema 4, além da presença da soja, a ocorrência de baixa produtividade da cultura do milho, devido à ocorrência de problemas de manejo no experimento, também acarretou baixa produção de resíduos. Portanto, a existência de um maior período com presença das pastagens (3,5 anos por ciclo), e do pastejo, foi o fator de maior influência no aumento da fertilidade química do solo.

Denardin (2018), ao avaliar a evolução

temporal do teor de MO nesse mesmo experimento, após quatro anos, verificou que na média de todos os Sistemas (1, 2, 3, 4, 5), o teor de MO passou de 1,8% em 2013 para 2,2 % em 2017. Essa mesma tendência de aumento no teor de MO, foi verificada nesse trabalho, passado mais três anos do trabalho realizado por Denardin (2018), observou-se que a média ficou em 2,5% em 2020 (Tabela 2).

A inserção do componente animal no sistema de produção pode alterar a dinâmica dos nutrientes e, consequentemente, o estado de fertilidade do solo ao longo do tempo. Os SIPA, quando manejados com intensidades de pastejo adequadas e ajuste de carga animal, combinados com a rotação de culturas de verão, são mais eficientes no uso de nutrientes, aumentando assim a produtividade de grãos e carne e, tornando o balanço efetivo de nutrientes menos negativo ao longo tempo (Alves et al., 2019).

## CONCLUSÕES

A presença das pastagens e do pastejo, mostraram-se eficientes na recuperação da fertilidade química do solo, quanto maior o tempo das pastagens e do pastejo, nos sistemas estudados, maior a fertilidade química. No sistema 5, o qual apresenta maior tempo com a presença das pastagens e do pastejo, após sete anos, o nível de fertilidade química do solo aumentou de forma significativa, quando comparado com o sistema 1, apresentando um teor de MO de 3%, um teor de P de 56 mg $kg^{-1}$ e de K de 88 mg $kg^{-1}$.

O SIPA proporcionou um aumento na disponibilidade dos teores de fósforo, variando de 32 mg $kg^{-1}$ a 56 mg $kg^{-1}$, quando comparado com sistema convencional.

O teor de matéria orgânica do solo aumentou entre 0,2 a 1%, nos sistemas com a utilização do SIPA, quando comparados com o sistema convencional.

## REFERÊNCIAS

Alves, L.A. et al. Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. Geoderma, v.351, p. 197-208, 2019.

Carlos, FS. Índices de qualidade do solo em sistemas de produção de arroz irrigado. 2017. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

Carlos FS, de Oliveira Denardin LG, Martins AP, et al. Integrated crop–livestock systems in lowlands increase the availability of nutrients to irrigated rice.Land Degrad Dev. 2020;1–11

Carmona, F. C.; Denardin, L.G.O.; Martins, A.P.; Carvalho, P.C.F.; Anghinoni, I.; Sistemas integrados em de produção agropecuária em terras baixas. In: boletim técnico-porto alegre, rs 2018.

Caralho, P.C.F. Reconectando a natureza com a produção agrícola: a via da intensificação sustentável. In: Carmona, F.C. et al. (Eds.). Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018. p. 17-24.

Denardin, L.G.O. et al. Geração do conhecimento. In: Carmona, F.C. et al. (Ed.). Sistemas Integrados de Produção Agropecuária em Terras Baixas. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018. p. 39-100

Denardin, L.G.O.; Martins, A.P.; Bastos, L.M.; Ciampitti, I.A.; Anghinoni, I.; Moojen, F.G.; Carvalho, P.C.F.; Huang, M.; Chabbi, A. Soybean Yield Does Not Rely on Mineral Fertilizer in Rotation with Flooded Rice under a No-Till Integrated Crop-Livestock System. *Agronomy* **2020**, *10*, 1371.

Joshi, A. K. *et al*. Breeding crops for reduced-tillage management in the intensive, rice–wheat systems of south asia. Euphytica, dordrecht, v. 153, p. 135–151, 2007.

Lal, R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. Sustainability, Switzerland, v. 8, p. 5875-5895, 2015.

Martins, A. P.; Denardin, L. G. O.; Borin, J. B. M.; Carlos, F. S.; Barros, T.; O0zório, D. V. B.; Carmona, F. C.; Anghinoni, I.; Camargo, F. A. O.; Carvalho, P. C. F. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. Land Degradation & Development, v. 28, p. 534-542, 2017.

Schoenfeld, R. *et al.* Resposta do arroz irrigado a níveis de adubação em experimento de longa duração. Maceio: Fertbio; 2012.

Tangriani, S. A.; Soares, A. B. Migrando da adubação de culturas para a adubação de sistemas por meio da integração lavoura pecuária. Informativo Integrar, n.15, 2016. Disponível em: www.aliancasipa.org

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# PRODUTIVIDADE DA SOJA INOCULADA COM BACTÉRIA FIXADORA DE NITROGÊNIO CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE

**Kethony Souza Costa [(1)]; Rodrigo Ferreira da Silva [(2)]; Daiane Sartori Andreola [(3)]; Ana Paula da Silva [(4)]**

[(1)] Estudante de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria-Campus Frederico Westphalen (UFSM-FW) Linha 7 de setembro, s/n BR 386 Km 40, Frederico Westphalen- RS, 98400-000 e-mail: kethonyc@gmail.com; [(2)] Professor Dr. do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, UFSM-FW; [(3)] Estudantes de Pós-Graduação UFSM-FW; [(4)] Estudantes de Agronomia UFSM-FW

## INTRODUÇÃO

O cobre (Cu) metal pesado que ocorrem naturalmente nos solos é considerado um micronutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas (YAVARI, 2012), pois desempenha importante função na nutrição, no metabolismo e é parte estrutural de algumas enzimas (KIRKBY et al. 2007).

Os níveis elevados de Cu no solo podem prejudicar a produção das culturas pela sua toxicidade, manifestando riscos para toda cadeia antrópica, incluindo animais e seres humanos (KABATA-PENDIAS, 2011). As principais fontes antropogênicas de cobre no solo são uso arbitrário de pesticidas, fungicidas, industrialização, urbanização, mineralização (MARQUES et al., 2011).

Plantas cultivadas em solos com elevado conteúdo de cobre podem acumular fortemente esses metais pesados em seus tecidos e desenvolvem sintomas de toxicidade (TIECHER et al., 2018).

A produção de soja, alcançou relevância mundial, devido ao valor socioeconômico das inúmeras aplicações dos seus produtos e subprodutos, com expressão no mercado interno e de exportação (ARNDT, 2019), são produzidos a partir da soja diversos alimentos como óleo, leite, margarina, queijo, molhos, proteína texturizada, farinha e farelo da soja usado para a alimentação animal (GONDIN, 2019).

A soja, é uma planta nodulífera, pois as raízes, podem estabelecer relação simbiótica com espécies de bactérias capazes de fixar o nitrogênio molecular $N_2$ da atmosfera em compostos nitrogenados. A funcionalidade da fixação do $N_2$ é garantida pelo estabelecimento de um eficiente sistema vascular no interior do nódulo, que supre as bactérias fixadoras com nutrientes (CÂMARA 2014).

O emprego de inoculantes com a bactéria *Bradyrhizobium joponicum*, levou a uma economia anual equivalente a US $ 3,2 bilhões em fertilizantes nitrogenados (FAGAN et al. 2007). A parcela de nitrogênio fixado pela soja via fixação biológica de nitrogênio proporcionais até 300 kg N ha $^{-1}$, suprindo cerca de 94% das necessidades da cultura (HUNGRIA et al. 2006).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com *Bradyrhizobium joponicum* na produtividade da soja cultivada em solo contaminado com cobre.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen – RS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com grade amostral de 7 x 2, sendo, sete doses de cobre (0, 80, 160, 240, 320, 400 e 480 mg de cobre kg $^{-1}$ de solo) com e sem inoculação com *Bradyrhizobium joponicum*, com 7 repetições. O inoculante utilizado foi fornecido pela empresa

Simbiose localizada na cidade de Cruz Alta - RS – Brasil. Utilizou-se o inoculante líquido Simbiose® composto por bactérias do gênero *Bradyrhizobium Joponicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na concentração de 5,0 x $10^9$ células por ml, na dose de 2 ml $kg^{-1}$ de semente, que resultou na concentração de 2.000.000 UFC por semente. A inoculação foi homogeneizada nas sementes no momento da semeadura.

As sementes utilizadas no experimento foram a cultivar de soja 5917 ipro, que foram fornecidas pela Cooperativa Agroindustrial Alfa, unidade de Chapecó, SC. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho (SANTOS, 2013), coletado em área de produção agrícola na região do Alto Uruguai, na camada de 0-20cm, textura de 70% de Argila.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de cinco litros, preenchidos com 4,5kg de solo. Em cada vaso foram semeadas 5 sementes, das quais foram desinfetadas com hipoclorito de sódio 2%, por 15 minutos e lavadas em agua corrente. Foi realizado o desbaste oito dias após a germinação, utilizando apenas uma planta por vaso. A irrigação foi realizada diariamente por meio de um sistema de irrigação por gotejamento.

Quanto a produtividade, as plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estádio de desenvolvimento. Logo após a colheita das plantas, as vagens foram debulhadas em máquina trilhadora estacionária, limpas com o amparo de peneiras, secas em estufa e empacotadas em sacos de papel “Kraft”.

O peso de mil sementes foi determinado por meio da pesagem de oito sub amostras de 100 grãos, por repetição, multiplicando-se os resultados por 10 (BRASIL, 2009).

Os dados apurados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,10$) e, quando significantes, as médias foram comparadas pelo teste de t - LSD ($p < 0,10$), de acordo com Banzatto e Kronka (2008).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando expressaram interação significativa, foram submetidos à análise de regressão do fator de variação quantitativo (doses) dentro de cada nível do fator qualitativo (inoculação). Para os parâmetros que não apresentaram interação, foram desdobrados os efeitos simples, sendo as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e as médias do fator quantitativo submetido à análise de regressão polinomial pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu interações significativas entre inoculação *Bradyrhizobium joponicum* e doses de cobre aplicado no solo para o peso de mil sementes (PMS), (Figura 1).

O peso de mil sementes sem a inoculação foi reduzido de forma quadrática com ponto de mínima na dose de 388 mg $kg^{-1}$ de cobre aplicado no solo, com peso de mil semente de 107 g. com a inoculação, se obteve curva quadrática (Figura 1), com ponto de máxima em 161 mg $kg^{-1}$ de cobre aplicado no solo, com peso de mil sementes de 182 g.

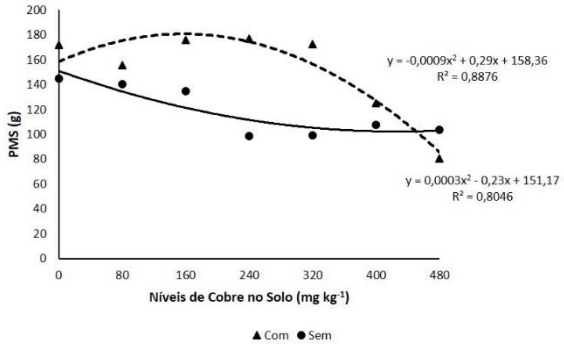



**Figura 1.** Peso de Mil Sementes de plantas soja submetidas a dose de cobre no solo com e sem inoculação com *Bradyrhizobium Japonicum*.

Esse resultado corrobora com o trabalho realizado por Kamicker e Brill (1986) que avaliando o efeito da inoculação constatou que a aplicação de inoculante permitiu aumento do peso de mil sementes. Concordando com os resultados obtidos por Braccini (2016) no qual observou que a massa de mil grão da soja apresentou efeito positivo no uso de Bradyrhizobium. Da mesma forma resultados encontrado por Pardinho e Primieri (2015) evidenciaram incremento nos valores de peso de mil semente e na produtividade da soja.

Segundo Silva et al. (2010) o nitrogênio é um nutriente essencial para desenvolvimento das plantas, tal resultado se justifica porque ocorreu a fixação biológica de nitrogênio. De acordo com Hungria (2011), quando mantem o equilíbrio nutricional em plantas, os resultados serão refletidos em sua produtividade, potencializando o rendimento da soja.

O aumento da concentração de cobre no solo proporcionou maior diminuição do fator de desenvolvimento das plantas de soja nos tratamentos não inoculados (SOUZA et al., 2010).

## CONCLUSÕES

A inoculação nos tratamentos de sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, proporciona incrementos no peso de mil sementes.

## REFERÊNCIAS

ARNDT R. J. Seleção de potenciais bactérias promotoras de crescimento de plantas de soja. 2019 72 p. Dissertação, (Programa de Mestrado em Agronomia), – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel. Bandeirantes, 2019.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação Agrícola. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237 p.

BÁRBARO, I.M.; BRANCALIÃO, S.R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F.B. and Silva, J.A.A.D. (2008) - Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. S.; PICCININ, G. G. Coinoculação e modos de aplicação de Bradyrhizobium japonicum e Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. Scientia Agraria Paranaensis. ISSN: 1983-1471 – Online. v.15, n.1, jan./mar., p.27-35, 2016. CÂMARA, G.M.S. Fixação Biológica de nitrogênio em soja. Informações agronômicas, n. 147, p. 1-9, 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and drainage paper, 33).

FAGAN, E.B.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO, NETO D. and Müller L. (2007) - Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - Revisão. *Revista da FZVA*, vol. 14, n. 1, p. 89-106.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2011.

GONDIN R. H. P. Industrialização da soja no brasil. 2019. 33 p. Monografia (graduação em engenharia química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2019.

HUNGRIA, M. Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011, p. 14-37 EMBRAPA SOJA. Documentos, 325.

KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2011. 548p.

KAMICKER, B.J.; BRILL, W.J. Identification of *Bradyrhizobium japonicum* nodule isolates from: Wisconsin soybean farms. Applied and Environmental Microbiology, v.51, n.3, p.487-492, 1986.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. York: The International Fertiliser Society, 2007. 24p.

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. Desafios, técnicas e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000100001.

PARDINHO, J. P.; PRIMIERI, C. Produtividade da soja em relação à inoculação e coinoculação com Bradyrhizobium e Azospirillum. Revista Cultivando o Saber, Edição Especial, p. 109-114. 2015.

SANTOS, H. G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.
Souza, Luiz Humberto et al. Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com Bradyrhizobium japonicum na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1641-1652, Oct. 2010.

TIECHER, T. L. et al. The interaction of high copper and zinc doses in acid soil changes the physiological state and development of the root system in young grapevines (Vitis vinifera). Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 148, p. 985-994, 2018.

YAVARI, S.; MALAKAHMAD, A.; SAPARI, N. B. A Review on Phytoremediation of Crude Oil Spills. Water, Air, & Soil Pollution, [s. l.], v. 226, n. 8, p. 279, 2015.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Evolução da composição elementar de biochars em diversas temperaturas e biomassas

**Lucas de Souza da Silva[(1)]; Danielle França de Oliveira Torchia[(2)]; Hellen Fernanda Oliveira da Silva [(3)]; Everaldo Zonta[(4)]; Andrés Calderín García[(5)]**

[(1)]Graduando, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465, km 47, Seropédica - Rio de Janeiro, 23890-000. desouza.lucas2018@gmail.com; [(2)] Doutoranda, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. [(3)] Apoio técnico, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. [(4)] Professor, Laboratório de Estudo das relações Solo-Planta, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; [(5)] Professor, Laboratório de Química Biológica do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de resíduos é assunto abordado durante décadas e se torna cada vez mais um desafio diante do aumento do consumo desacelerado humano. O crescimento populacional também colabora para a maior geração de resíduos, principalmente sanitários, aumentando o aporte de esgoto nas estações de tratamento e, consequentemente, gerando maior quantidade de lodo. Outra questão importante é o corte de árvores para produção de móveis, utilização de lenha, entre outras aplicações. Resíduos dessa atividade muitas vezes são descartados devido ao baixo valor monetário e não adequação para a finalidade da atividade. Nesse sentido, uma forma de aproveitamento de resíduos é a produção de biochar, que consiste na degradação térmica da biomassa, dando origem a um material rico em carbono e que possui características interessantes para diversas aplicabilidades (Lehmann et al., 2011).

A biomassa de origem e as condições de produção, como temperatura de pirólise irão gerar propriedades particulares para cada biochar, por exemplo em sua composição elementar. Essas propriedades irão direcionar qual a melhor aplicabilidade para cada biochar (Uchimiya et al., 2010; Yang et al., 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo produzir biochars a partir de resíduos de corte de eucalipto e lodo de esgoto, analisar a composição elementar, verificando a influência da biomassa de origem e da temperatura de pirólise no produto obtido.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Produção dos biochars

Os biochars foram preparados a partir de maravalha de eucalipto (ME) e lodo de esgoto (LE) e produzidos através da técnica de pirólise lenta. Os resíduos vegetais foram obtidos na marcenaria da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ e o lodo de esgoto na Estação de Tratamento de Esgoto da Ilha do Fundão, Rio de Janeiro – RJ.

Todos os materiais foram secos em estufa a 100 °C e, posteriormente, inseridos em um recipiente de inox. O recipiente por colocado em mufla LINN Elektro Therm, modelo CC405, e acoplado à saída de gases a qual foi vedada com gesso. Foram utilizadas três temperaturas de pirólise (300 e 500 °C), a uma taxa de aquecimento de 5 °C $min^{-1}$.

### Análise por espectroscopia de energia dispersiva (EDS)

Para a realização da análise alimentar foi utilizado aparelho de espectroscopia de energia disperdiva (EDS), acoplado ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) (MEV) Zeiss, modelo EVO, em 15kV. As amostras foram fixadas

em *stubs*, com fita carbono adesivo e metalizadas aplicando um fino filme de ouro pelo método de *sputtering* para tornar a superfície das amostras condutora.

**Análise por absorção atômica**

Para a quantificação elementar, primeiramente foi realizada a abertura das amostras através de digestão ácida, adaptada do método da EPA 3050. Pesou-se 0,25 g de amostra, a qual foi inserida em tubos de digestão. Foram adicionados 5mL de ácido nítrico ($HNO_3$ P.A) em cada tubo e colocados no bloco digestor, em capela com exaustão, durante 15 min a 95 °C. Posteriormente foram adicionados mais 10 ml de ácido nítrico e permaneceu por mais 2 h no bloco digestor. As amostras foram retiradas do bloco digestor e foi adicionado 8 ml de peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$). Após a efervescência, as amostras foram avolumadas para 50 ml com água destilada e depois filtradas. A quantificação foi realizada em espectroscópio de absorção atômica (VARIAN 55B) e conteúdo de K foi determinado através de fotômetro de chama (DIGIMED DM-62).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Análise elementar**

Mediante os dados obtidos por EDS (**Figura 1**) nota-se que a predominância na biomassa é de C, H e O. Com o processo de pirólise, esses os compostos começam a ser volatilizados e, como consequencia, tem-se a desidratação e redução dos elementos (Antal & Gronli, 2003). Ao comparar os elementos, é possível verificar que no início da pirólise a perda de C é bem menor do que a dos demais elementos, visto que inicialmente começa a perda de moléculas de água, reduzindo as proporções de O e H. Posteriormente ocorre a volatilização de hidrocarbonetos, CO e $CO_2$.

Nos dados de EDS observa-se que essa redução maior de O e H nos biochars de eucalipto (BC e BM) faz com que proporcionalmente a redução de C seja inferior. Entretanto, ao analisar os dados dos biochars de lodo de esgoto (BL) nota-se um comportamento diferente, com uma redução considerável de C no decorrer do aumento da temperatura. Esse fato pode ser atribuído à composição da biomassa, que apresenta fragmentos mais lábeis e de fácil decomposição (ácidos graxos, proteínas, etc) quando comparado com as biomassas de eucalipto, que são enriquecidas em ligninas e polissacarídeos.

Outro aspecto observado é que no lodo há uma elevada presença de elementos que não são perdidos por volatilização, como Si, Al e Fe, resultados são semelhantes aos relatados por Figueredo et al. (2017).

O N apresentou comportamento semelhante em todos biochars produzidos. Os teores aumentaram de forma considerável com o aumento da temperatura. Esse fato pode estar relacionado com a mudança estrutural que ocorre durante o processo de pirólise. O N se tranforma desde formas químicas orgânicas mais lábeis até a incorporação de N em formas mais estáveis como amino-N por exemplo, e também a formação de N inorgânicos tais como ($NH_4^+$-N, $NO_2^-$-N, e $NO_3^-$ -N) (Liu et al. 2018).

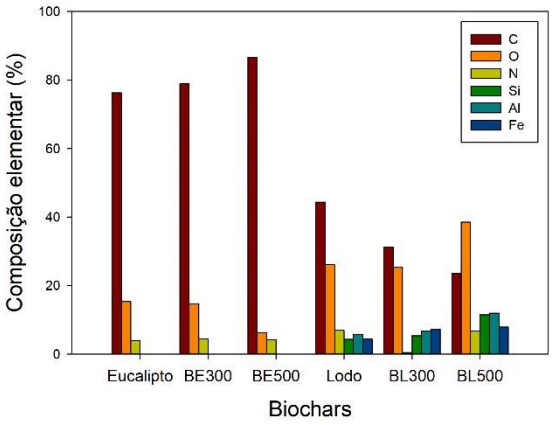



Figura 1 – Composição elementar das biomassas e respectivos biochars através de EDS.

**Análise de nutrientes e metais**

As análises de absorção atômica (**Tabela 1**) mostraram a presença de diversos minerais nas biomassas, incluindo macronutrientes $K^+$, $Mg^{2+}$ e micronutrientes importantes como $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$ e $Mn^{2+}$, que resultaram em conteúdo relativamente alto em seus biochars devido à concentração destes elementos devido à pirólises. Segundo Shafizadeh (1982), o $K^+$ e $Mg^{2+}$ em quantidades elevadas podem acelerar a reação de pirólise nos compostos de lignina e celulose, assim como no arranjo estrutura da carbonização, visto que são elementos que atuam como catalisadores.

Em relação às biomassas, o lodo de esgoto apresentou maior concentração de todos os elementos, destacando-se $Zn^{2+}$ (1359.2 mg $kg^{-1}$), $Mn^{2+}$ (297.5 mg $kg^{-1}$) e $Cu^{2+}$ (289.1 mg $kg^{-1}$). No geral, as concentrações de macro e micronutrientes aumentaram com o processo de pirólise, entretanto é possível verificar uma ligeira redução na maior

temperatura (500 °C). Resultados semelhantes foram evidenciados por Yang et al. (2015) em biochar obtido de vermicomposto, que tiveram seus níveis de nutrientes elevados com o aumento da temperatura, entretanto, na maior temperatura (700 °C), esses níveis caíram consideravelmente, o que pode ser atribuído à maior volatilização do gás pirolítico.

Os elementos $Cr^{3+}$ e $Ni^{2+}$ estiveram presentes apenas no solo de esgoto. As concentrações das substâncias inorgânicas em SS, tanto na biomassa quanto nos biochars se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 375 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2006).

## CONCLUSÕES

A biomassa vegetal e seus biochars são compostos majoritariamente por C e O.

A biomassa de origem influencia significativamente na composição elementar do biochar.

O lodo de esgoto e seus biochar apresentaram concentrações de metais que não foram encontradas do eucalipto e biochars de eucalipto, entretanto, essas concentrações estão dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA.

A composição elementar, principalmente a presença de macro e micronutrientes, mostra que os biochars estudados possuem potencial de aplicação como fertilizante, entretanto outras análises devem ser realizadas.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), ao Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

Antal MJ, Gronli M. The art, science, and tecnology of charcoal production. Ind. Eng. Chem. Res. 2003; 42: 1619-1640.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 481, de 03 de outubro de 2017, http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=728 (acesso em julho de 2020).

Figueredo NA, Costa LM, Melo LCA, Siebeneichlerd EA, Tronto J. Characterization of *biochars* from different sources and evaluation of release of nutrients and contaminants. Rev. Ciência Agronômica. 2017; 48: 395-402.

Lehmann J, Rilling MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. Biochar effects on soil biota - A review. Soil Biology & Biochemistry. 2011; 43: 1812-1836.

Liu L, Tan Z, Zhang L, Huang Q. Influence of pyrolysis conditions on nitrogen speciation in a biochar 'preparation-application'process. Journal of the Energy Institute. 2018; 91: 916-926

Shafizadeh F. Introduction to pyrolysis of biomass. J. anal. and app. pyr. 1982; 3: 283-305.

Uchimiya M, Wartelle LH, Lima IM, Klasson KT. Sorption of Deisopropylatrazine on Broiler Litter Biochars. J. Agric. Food Chem. 2010; 58: 12350-12356.

Yang G, Wang Z, Xian Q, Shen F, Sun C, Zhang Y, Wu J. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of biochar derived from vermicompost and its potential use as na environmental amendment. RSC Adv. 2015; 5: 40117-40125.

**Tabela 1.** Composição dos elementos metálicos e não metálicos das biomassas e dos biochars obtidos mediante pirólises lenta.

| | $Cu^{2+}$ | $Mn^{2+}$ | $Zn^{2+}$ | $Cd^{2+}$ | $Ni^{2+}$ | $Cr^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^{+}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ME** | 10.9±0.1 | 3±0.7 | 8.4±0.5 | 0.4±0.1 | -- | -- | 465.6±1.7 | 966.7±24.9 |
| **BE300** | 8.2±0.2 | 14.8±1.1 | 22.3±1.8 | 0.5±0.1 | -- | -- | 1266.3±12 | 2286.7±61.8 |
| **BE500** | 3.4±0.1 | 22.3±1.8 | 25.2±1.7 | 0.6±0.1 | -- | -- | 1571±30.6 | 4046.7±98.4 |
| **LE** | 289.1±6.3 | 297.5±2.4 | 1359.2±37.1 | 3.7±0.1 | 30.8±0.3 | 147.4±1.1 | 3829±33 | 2620±19.6 |
| **BL300** | 481.8±41 | 279.4±20.5 | 1538.9±33.4 | 3.5±0.2 | 19.2±1.2 | 69.8±5.2 | 4248.5±87.5 | 2810±181.9 |
| **BL500** | 591.7±5.5 | 371.5±2.4 | 1584.4±9 | 1.2±0.1 | 27.8±0.3 | 82.2±0.4 | 4695.1±50 | 3340±48.3 |

.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Resistência mecânica a penetração de um Latossolo com diferentes níveis de compactação, sistemas de culturas e preparos do solo

**Marcelo Raul Schmidt[(1)]; Tiago Stumpf da Silva[(2)]; Renato Levien[(3)]; Renato Paulo de Moraes[(4)]**

[(1,2)]Estudante de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Avenida Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, marceloraulschmidt@hotmail.com. [(3)] Professor; UFRGS, Porto Alegre, RS [(4)]Pesquisador da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; Guarapuava, PR.

## INTRODUÇÃO

A cada ano nota-se uma expansão do sistema plantio direto, atualmente o mesmo está presente em cerca de 51% das áreas agrícolas cultivadas (IBGE, 2017). No entanto, juntamente com essa expansão, ocorre aumento da preocupação com redução de produtividade, bem como problemas ambientais causados pela compactação do solo (Schjønning et al., 2015), que por muitas vezes está atrelada ao plantio direto. Com relação a compactação, um dos maiores desafios está relacionado ao diagnóstico da mesma, onde diversos autores tem buscado valores críticos de atributos para detecta-la, ou até mesmo para relacionar esses valores com o desenvolvimento das plantas (LETEY 1985; REICHERT et al., 2003; MORAES et al., 2014)

Na região Centro-Sul do Paraná, o sistema que predomina é a sucessão cevada-soja, com pousio outonal. E apesar da predominância do plantio direto, alguns produtores vem adotando a escarificação no inverno. Porém, na maioria das vezes a escarificação é realizada sem um diagnóstico de compactação, o que pode acarretar em gastos desnecessários de combustível e equipamentos, além de que em alguns casos ela tem potencial efêmero de mitigar a compactação, ou de ter durabilidade de poucas safras (DRESCHER et al., 2011). Portanto, é possível que em determinadas condições a compactação poderia ter sido mitigada com o simples uso de plantas de cobertura (a médio/longo prazo) ou com uma prática mecânica mais simples como o uso da haste sulcadora.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) é um indicador físico que tem sido utilizado para representar a resistência do solo ao desenvolvimento das raízes (KELLER et al., 2015). Além de ser rápida e facilmente obtida, a RP pode ser correlacionada fortemente com a compactação do solo, em comparação com outros parâmetros, como densidade e porosidade (STRECK et al., 2004), podendo desta forma ser utilizada de forma eficiente para detectar variações na estrutura do solo causadas pelo manejo.

Portanto, o objetivo deste trabalho, é verificar através da resistência a penetração, diferenças ocasionadas por diferentes plantas de cobertura, sistemas de manejo e de níveis de compactação até a camada de 0,40 m no perfil de um Latossolo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento instalado em março de 2018, na Agropecuária Santa Clara localizada no município de Candói, (25°34'10" latitude Sul, 51°59'51" longitude Oeste e altitude de 925 m), região Centro-Sul do estado do Paraná. O solo é um Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2013) com 50 g $kg^{-1}$ de matéria orgânica e 450 g $kg^{-1}$ de argila.

O experimento consiste num arranjo fatorial 4x3x3 (sistemas de culturas x níveis de compactação x práticas mecânicas), seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições com parcelas subsubdivididas.

Os sistemas de cultura foram dispostos na parcela principal, os níveis de compactação na subparcela e as práticas mecânicas na subsubparcela. As parcelas com o sistema de cultura têm 75x21 m, e foram divididas em 5 partes de 15x21 m (3 subparcelas e 2 corredores para manobra), nestas 3 subparcelas foram dispostos os 3 estados de compactação; e por fim as subparcelas foram divididas em 3 faixas de 15x7 m, as quais constituem as subsubparcelas onde foram aplicadas as práticas mecânicas. O primeiro fator consiste em quatro sistemas de culturas:

(a) pousio-soja;
(b) monocultura cevada-soja;
(c) rotação de culturas (aveia+nabo-soja)
(d) rotação de culturas intensiva (aveia+nabo-soja-milheto)

O segundo fator consiste dos estados de compactação, onde três cargas foram aplicadas sobre a superfície do solo visando estabelecer esses diferentes estados.

(a) carga zero (nível de compactação atual)
(b) carga de 220 kPa (estado de compactação médio)
(c) carga de 440 kPa (estado de compactação elevado)

O terceiro fator envolve práticas mecânicas para a descompactação.

(a) sem prática mecânica (disco duplo de corte na semeadora);
(b) utilização de haste sulcadora na semeadora da cultura de verão
(c) escarificação (apenas no primeiro ano, após aplicação das cargas).

A aplicação das cargas nos respectivos tratamentos foi realizada através de uma passagem da máquina a uma velocidade de aproximadamente 3 km/h, trafegando toda a parcela. Para a carga de 440 kPa, utilizou-se o autopropelido jacto uniport 3000 L com o tanque de pulverização cheio de água, totalizando 13.500 kg. Para o estado de compactação intermediário, usou-se um trator John Deere 7505 com uma pá carregadeira acoplada, totalizando 9000 kg.

Foram obtidos dados de resistência do solo à penetração (à campo) no mês de novembro de 2019, após a aplicação das cargas, dois ciclos de culturas de inverno e um ciclo de cultura de verão (20 meses após a implantação).

Para esta avaliação foi utilizado um penetrômetro (penetroLOG – Medidor Eletrônico de Compactação do Solo) desenvolvido pela Falker Automação Agrícola. Foram medidos 10 pontos por parcela até 0,40 m de profundidade em transecta com equipamento regulado para captar uma leitura a cada cm. Nas proximidades da avaliação coletaram-se amostras de solo para a determinação da umidade gravimétrica nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.

Foram realizadas médias dos dados lidos de 5 em 5 cm, formando desta forma 8 valores de resistência a penetração por tratamento para elaboração dos gráficos e comparação estatística. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando detectada significância, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento da leitura da RP a umidade do solo foi semelhante entre os tratamentos estudados, bem como entre as profundidades, sendo em torno de 500 g $kg^{-1}$ (muito próxima da capacidade de campo ≅ 480 g $kg^{-1}$). Não ocorreram interações entre os tratamentos estudados, desta forma os resultados foram separados pelos fatores testados, apresentando na figura 1 a RP do solo em função dos sistemas de cultura utilizados,

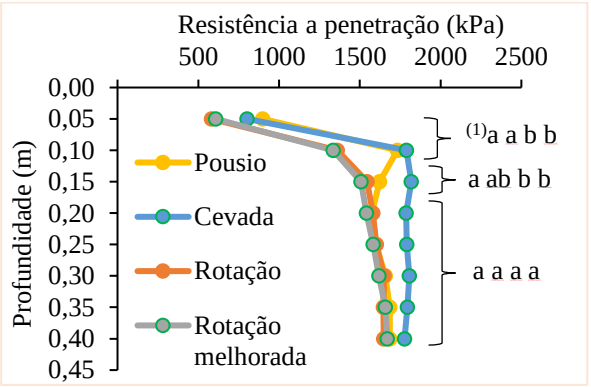



**Figura 1.** Resistência a penetração do solo nos diferentes sistemas de culturas estudados.
(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Chaves abrangem camadas de mesmo comportamento estatístico

Pode-se perceber que as culturas causaram diferenças significativas na RP até a camada de 0,15 m. Sendo que nas camadas de 0,00-0,05m e de 0,05-0,10 m os tratamentos cultivados com cevada ou mantidos em pousio no inverno apresentaram os maiores valores de RP. Isso ocorre pois no pousio o solo fica exposto, principalmente ao impacto da gota de chuva, o que causa desagregação do solo nessas camadas; já no caso da cevada, os valores

são justificados pelo maior tráfego de máquinas neste tratamento, visto que a colheita da cevada é realizada de forma mecanizada. Na camada de 0,10-0,15 m ainda segue comportamento semelhante, no entanto menos expressivo, fazendo com que o tratamento rotação já não se diferencie estatisticamente dos tratamentos cevada e pousio. A partir da camada de 0,15 m, já não são observadas diferenças estatísticas entre os sistemas de culturas estudados.

A figura 2 apresenta os dados de RP em função dos diferentes níveis de compactação estudados.

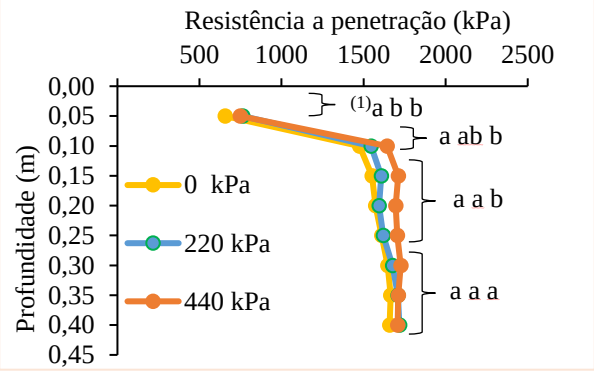



**Figura 2.** Resistência a penetração do solo nos diferentes níveis de compactação estudados.
(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Chaves abrangem camadas de mesmo comportamento estatístico.

De forma geral, a RP aumenta conforme o aumento da carga aplicada sobre o solo. No entanto analisando cada camada separadamente, percebe-se que o comportamento ocorre de forma distinta nas diferentes camadas estudadas. Na camada de 0,00-0,05 m o tratamento sem aplicação de cargas apresentou o menor valor de RP, isso porque (nas áreas com aplicação de cargas) essa é a camada que sofre diretamente a pressão exercida pelo tráfego das máquinas. Na camada de 0,05-0,10 m já ocorre uma distribuição da carga aplicada, e nesta camada o tratamento de carga intermediária não diferiu estatisticamente nem da área sem compactação, nem da área com maior nível de compactação. Entre as profundidades de 0,10 e 0,25 m o tratamento de maior compactação apresentou o maior valor de resistência, diferindo dos demais, isso pode estar relacionado ao "ponto de diamante", o que significa que a pressão aplicada é concentrada na camada referente a 53% da largura do pneu (MCKEYS, 1985), e o pneu do autopropelido utilizado neste tratamento tinha largura de 32,5 cm. A partir da camada de 0,25 m já não ocorrem diferenças estatísticas entre os níveis de compactação.

Na figura 3 estão apresentados os valores de RP em função dos sistemas de preparo.

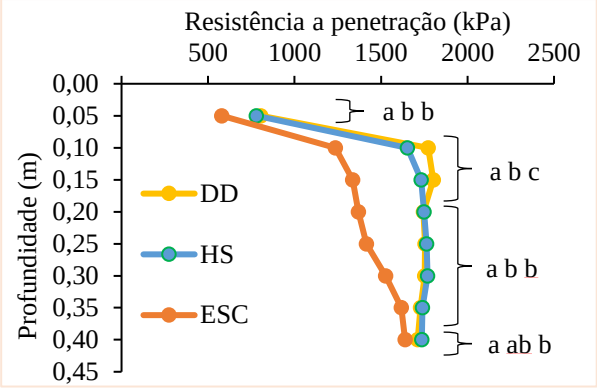



**Figura 3.** Resistência a penetração do solo nos diferentes sistemas de preparo estudados, disco duplo (DD), haste sulcadora (HS) e escarificado (ESC).
(1)Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Chaves abrangem camadas de mesmo comportamento estatístico.

A área com escarificação apresentou os menores valores de RP em todas as camadas estudadas, não diferindo apenas do tratamento disco na camada de 0,35-0,40 m, onde a atuação do escarificador já não é mais eficiente. Comparando a haste sulcadora e o disco duplo, ocorrem diferenças na camada de 0,05-0,15 m de profundidade, onde o tratamento com haste apresentou valores menores de RP, mostrando a eficiência da mesma na descompactação do solo nesta camada específica.

De forma geral, os valores de RP são abaixo do considerado crítico (2.000 kPa segundo Taylor et al. (1966)) em todos os tratamentos estudados.

## CONCLUSÕES

O solo em pousio causa aumento da resistência a penetração do solo em camadas superficiais.

A aplicação de cargas, aumenta a resistência a penetração do solo.

O uso de escarificação é capaz de manter a resistência a penetração do solo baixos, mesmo após 20 meses de sua execução.

O uso da haste sulcadora por apenas um ano já se mostra eficiente para reduzir a resistência a penetração do solo até a camada de 0,15 m.

**AGRADECIMENTOS:** Fundação Agrisus e a CAPES pelo apoio financeiro. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária e Agropecuária Santa Clara pela estrutura e participação no projeto.

## REFERÊNCIAS

Drescher, M. S.; Eltz, F. L. F.; Denardin, J. E.; Faganello, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1713–1722, 2011

Embrapa. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília DF: [Embrapa], 2013. 353 p.

Keller, T.; Silva, A. P. da; Tormena, C. A.; Giarola, N. F. B.; Cavalieri, K. M. V.; Steller, M.; Arvidsson, J. SoilFlex-LLWR: Linking a soil compaction model with the least limiting water range concept. Soil Use and Management, Wallingford, v. 31, n. 2, p. 321–329, 2015.

Letey, J. Relationship between soil physical properties and crop production. Advances in Soil Scence, 1:277-294. 1985.

Mckeys, E. Soil cutting and tillage. New York: Elsevier Science, v. 7, 1985.

Moraes, M. T.; Debiasi, H.; Carlesso, R.; Franchini, J. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38:288-98, 2014.

Reichert, J. M.; Reinert, D. J.; Braida, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Revista Ciência & Ambiente, 27:29-48, 2003.

Schjønning, P.; Van Den Akker, J. J. H.; Keller, T.; Greve, M. H.; Lamandé, M.; Simojoki, A.; Stettler, M.; Arvidsson, J.; Breuning-Madsen, H. Driver–pressure–state–impact–response (DPSIR) analysis and risk assessment for soil compaction: a European perspective. Advances in Agronomy, v.133, p. 183-237, 2015.

Streck, C. A.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M. & Kaiser, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 755–760, 2004.

Taylor, H.M., Robertson, G.M., Parker, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. Soil Science, New York, v.102, p.18-22, 1966.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Perda de solo a partir da RUSLE: Forma de obtenção do fator erodibilidade

**Mayara Zanchin[(1)]; Maíra Martim de Moura[(2)]; Maria Cândida Moitinho Nunes[(3)]; Ivana Kruger Tuchtenhagen[(4)]; Cláudia Liane Rodrigues de Lima[(5)]**

[(1)]Mestra em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas, Rua Anchieta, 1139, Pelotas- Rio Grande do Sul, 96015-420, zanchinmayara@gmail.com; [(2)]Estudante de Doutorado em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas; [(3,5)]Professora, Universidade Federal de Pelotas; [(4)]Doutora em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas

## INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um fenômeno geomorfológico natural e irreversível (JIANG et al., 2015). Entretanto, esse fenômeno pode afetar negativamente o ambiente, principalmente, quando há atividades antrópicas intensivas, as quais impactam na estrutura e na fertilidade dos solos. Além disto, a erosão hídrica também pode causar assoreamento de canais e reservatórios, comprometendo a qualidade da água (BATISTA et al., 2017; ANACHE et al., 2015).

Para analisar de forma dinâmica e eficaz essa problemática, modelos preditivos de erosão foram desenvolvidos, como a *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (WISCHMEIER; SMITH, 1978) e sua versão revisada, RUSLE (RENARD et al., 1997). Ambas equações vêm sendo amplamente utilizadas, uma vez que, são de fácil aplicação. Entretanto, devido à inexistência de dados, a modelagem de processos erosivos no Brasil tende a ser dificultada, principalmente em relação a parâmetros-chave dos modelos, tais como a erodibilidade, denominada como fator K.

A erodibilidade (K) representa a suscetibilidade intrínseca ao processo erosivo do solo, determinada com base na perda anual de solo e na erosividade anual da chuva (CASSOL et al., 2018). Estudos com parcelas experimentais foram alocados em unidades de diferentes classificações taxonômicas, criando um método indireto para obtenção do fator K, possibilitando a tabulação destes valores. Na tentativa de estabelecer associações entre atributos do solo e a erodibilidade, algumas equações como a de *Bouyoucos* vêm sendo utilizadas (ANACHE et al., 2015; KHAN et al., 2019). Esta equação expressa a suscetibilidade do solo à erosão por meio de relações entre areia + silte e argila.

A área de estudo é a bacia hidrográfica Santa Rita (BHSR), cuja importância socioeconômica se deve ao fato de a mesma fornecer água para a população. A BHSR é um afluente direto da Estação de Tratamento de Água Moreira (ETA Moreira), a qual abastece alguns reservatórios que fornecem água tratada para vários bairros do município de Pelotas, no qual está localizada. Atualmente, tem se observado usos inadequados e intensivos do solo, relacionados à ocupação agrícola na bacia, o que pode afetar a qualidade da água e esgotar os recursos naturais na região.

Este trabalho tem por objetivo comparar a perda de solo estimada na BHSR, utilizando o fator erodibilidade (K) proveniente de(a): i) valores tabelados por classe, comumente encontrados na literatura e, ii) espacialização por krigagem de valores obtidos a partir da composição do solo de amostras coletadas à campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo e base de dados

A BHSR possui área de 9,10 km² e localiza-se no município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS). O clima da região é do tipo Cfa - subtropical úmido, com verões quentes e precipitação de 1.385,6 mm (ALVARES et al., 2014).

Inserida no bioma Pampa, a BHSR apresenta classes de uso e de solos típicas da região, com

predomínio de pastagens e campo nativo e Argissolos. As altitudes na bacia variam de 42 a 228 m, com média de 108 m, e declives predominantemente ondulados.

Para este estudo, as seguintes informações foram utilizadas: i) modelo digital de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (FARR et al., 2007); ii) imagem Landsat 8, referente ao dia 03/08/2019 e órbita ponto 221082; e iii) mapa de solos de Cunha et al. (2006). Todas estas informações foram manipuladas em formato *raster* no software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2014), em resolução espacial de 30 m. Além disso, foram utilizados ensaios granulométricos de 78 amostras de solo distribuídas sobre a BHSR (**Tabela 1**).

**Tabela 1.**Valores mínimos, médios e máximos para as frações argila, silte e areia em cada classe de solo da bacia hidrográfica Santa Rita (BHSR), localizada no município de Pelotas - RS

| Classe de Solo | - | % Arg. | % Silte | % Areia | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tot. | Muito fina |
| Argissolo Amarelo | Mín. | 16.2 | 19.2 | 41.9 | 4.8 |
| | Méd. | 32.7 | 30.4 | 54.5 | 6.2 |
| | Máx. | 23.2 | 23.8 | 47.4 | 5.6 |
| Argissolo Vermelho-Amarelo | Mín. | 16.6 | 13.2 | 27.9 | 3.1 |
| | Méd. | 39.7 | 46.1 | 60.0 | 6.7 |
| | Máx. | 23.4 | 22.1 | 49.1 | 5.5 |
| Planossolo Háplico | Mín. | 16.2 | 18.1 | 52.9 | 5.9 |
| | Méd. | 19.2 | 24.7 | 57.7 | 6.4 |
| | Máx. | 18.1 | 21.5 | 54.5 | 6.1 |

**Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**

Para estimar as perdas médias anuais de solo na BHSR adotou-se a *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), proposta por Renard et al. (1997) (**Equação 1**).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \qquad (1)$$

Em que: A é a perda média anual de solo estimada ($Mg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$); R é a erosividade média anual das chuvas ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$); K é a erodibilidade ($Mg \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$); LS é o fator topográfico (adimensional) que engloba, o comprimento do declive (L) e a inclinação do terreno (S); C é o fator cobertura e P é o fator de práticas conservacionistas (ambos adimensionais).

A metodologia proposta por Mello et al. (2013) foi utilizada para a obtenção do fator R. Para isso foram utilizadas as informações de altitude, latitude e longitude, obtidas por meio do MDE.

O fator K foi obtido de duas maneiras distintas: i) a partir de valores originados da bibliografia, apresentados em Zanchin (2020), para cada classe de solo, a saber: Argissolo Amarelo (0,0215), Argissolo Vermelho-Amarelo (0,0338) e Planossolo Háplico (0,0553); ii) com base nas % no percentual das frações de areia, silte e argila para cada amostra de solo coletada na BHSR, utilizando a equação de *Bouyoucos* (**Equação 2**). Os valores de K foram espacializados por krigagem ordinária, por meio da ferramenta *automap* (HIEMSTRA et al., 2009), no software estatístico R.

$$K = \frac{(\%\ areia + \%\ silte)}{\%\ argila} \cdot 0.01 \qquad (2)$$

Os valores de LS foram obtidos por meio da metodologia de Moore & Burch (1986), a qual possibilita representar espacialmente áreas com declive complexo.

As classes de uso do solo da BHSR foram identificadas por técnica de classificação supervisionada. Para o fator C, foram utilizados os mesmos valores adotados por Zanchin (2020), sendo estes: cultivo anual (0,212); corpo hídrico (0,000); solo exposto (1,000); pastagens (0,050) e vegetação nativa (0,015). Para o fator P atribuiu-se o valor 1,0, visto que não são identificadas práticas conservacionistas na bacia, seguindo as recomendações de Batista et al. (2017).

Os fatores espacializados da RUSLE para a BHSR, encontram-se na **Figura 1**.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na BHSR, os valores obtidos para o fator R variaram de 7.736,7 a 8.080,7 MJ mm $ha^{-1}$ $h^{-1}$ $ano^{-1}$, com média de 7.859,8 MJ mm $ha^{-1}$ $h^{-1}$ $ano^{-1}$. Os valores do fator LS variaram de 0 a 19,45, com média de 1,35 (**Figura 1**).

Por meio de krigagem, o valor do fator K variou de 0,03347 a 0,03512 Mg h $MJ^{-1}$ $mm^{-1}$, com média de 0,03464 Mg h $MJ^{-1}$ $mm^{-1}$. Em relação aos valores tabelados, as maiores diferenças foram observadas no Planossolo Háplico, para o qual o valor extraído da literatura foi igual a 0,0553, enquanto, a média da krigagem dos valores derivados das amostras de campo foi de 0,0336.

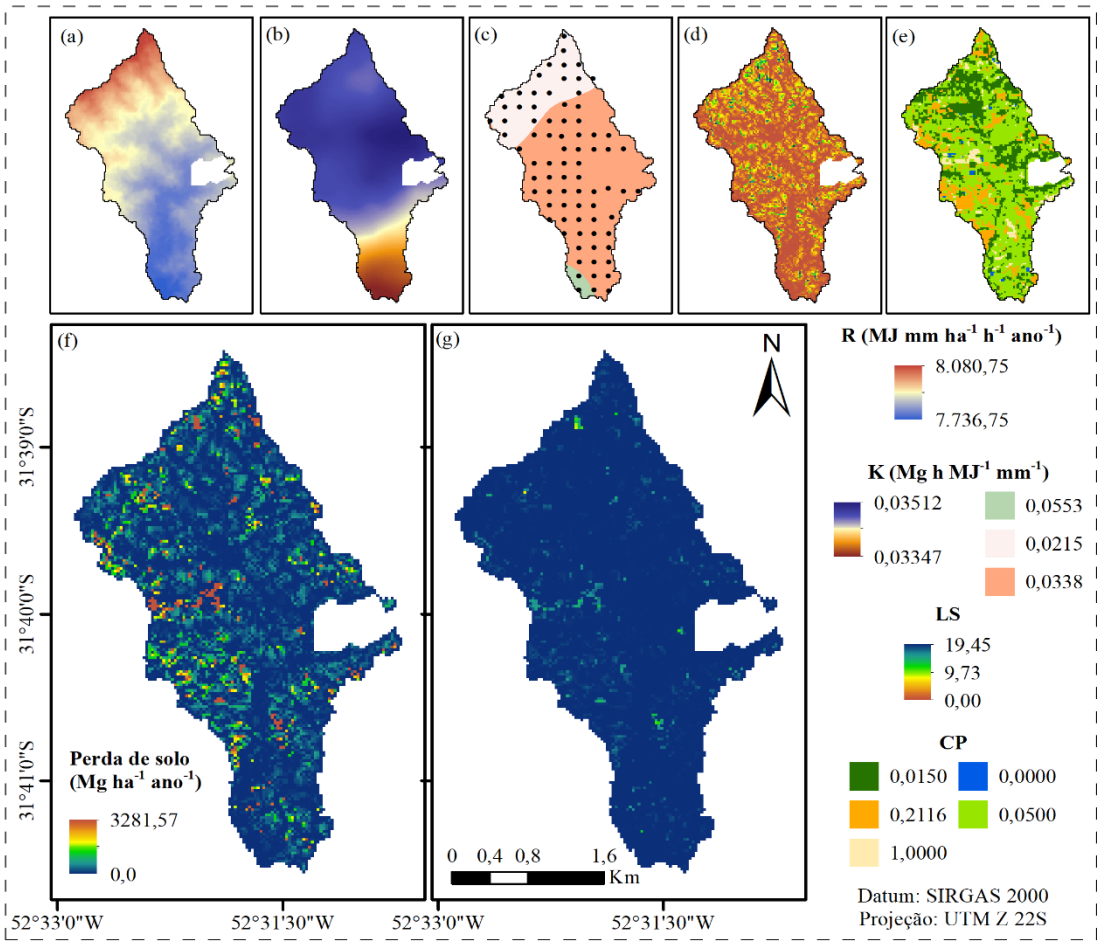



**Figure 1.** Espacialização dos fatores (a) erosividade; (b) erodibilidade estimada por krigagem; (c) erodibilidade obtida na literatura; (d) topográfico; (e) uso, manejo e práticas conservacionistas; e perdas de solo estimadas com o uso (f) das informações de campo e (g) dos dados tabelados, na bacia hidrográfica Santa Rita (BHSR), Pelotas-RS.

As divergências observadas entre os valores do fator K podem indicar equívocos ao se tratar a erodibilidade como homogênea ao longo de uma área, principalmente quando existe grande variedade de solos com diferentes propriedades físico-químicas e biológicas (CHERUBIN et al., 2015). Quando analisados de forma espacializada, os valores de K calculados com base em amostras de solo coletadas na BHSR tendem a demonstrar a heterogeneidade do solo ao longo da bacia e, consequentemente, a maior flutuação nos valores das perdas por erosão hídrica.

As perdas de solo anuais na BHSR obtidas pelo fator K espacializado por krigagem variaram de 0 a 3.281,55 Mg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, com média de 35,94 Mg $ha^{1}$ $ano^{-1}$. Quando utilizado o fator K tabelado, as perdas anuais de solo flutuaram entre 0 e 2025,17 Mg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, com valores médios de 30,91 Mg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$ **(Figura 1).**

Em relação as perdas de solo estimadas na BHSR, aos menores valores pode-se atribuir à presença de locais mais planos (ou suavemente ondulados) ao longo da bacia. Dessa forma, processos como desagregação por escoamento superficial não tendem a ser favorecidos (STEINMETZ et al., 2018). Ainda, é possível atribuir as menores perdas aos locais com uso caracterizado por pastagens e florestas nativas. Cabe destacar ainda que, conforme **Figura 1**, as maiores perdas estão localizadas em áreas com maior porcentagem de solo exposto e valores de LS elevados.

## CONCLUSÕES

A aplicação de técnicas de krigagem tende a representar melhor a variabilidade espacial do fator erodibilidade e, consequentemente, das perdas de

solo por erosão hídrica.

Além disso, percebe-se grande impacto na estimativa final das perdas de solo quando utilizados os valores derivados da krigagem, frente à utilização dos valores disponíveis na literatura para o fator erodibilidade.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão das bolsas de pesquisa ao primeiro, segundo e quarto autor.

## REFERÊNCIAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorol Z. 2014;22:711–728.

Anache JAA, Bacchi CGV, Panachuki E, Alves Sobrinho T. Assessment of methods for predicting soil erodibility in Soil Loss Modeling. Geoci. 2015;34:32-40.

Batista PVG, Naves MLS, Christofaro BPS, Curi N, Bueno TB, Acerbi FW, Davies J, Quinton J. Modelling spatially distributed soil losses and sediment yield in the upper Grande River Basin – Brazil. Catena. 2017;157:139-150.

Cassol EA, Silva TS, Eltz FLF, Levien R. Soil Erodibility under Natural Rainfall Conditions as the K Factor of the Universal Soil Loss Equation and Application of the Nomograph for a Subtropical Ultisol. R Bras Ci Solo. 2018;42:e0170262.

Cherubin MR, Eitelwein MT, Fabbris C, Weirich SW, Silva RF, Silva VR, Basso CJ. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. R Bras Ci Solo. 2015;39:615-625.

Cunha NG, Silveira RJC, Severo CRC. Solos e terras do planalto Sul-Rio-Grandense e planícies costeiras. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2006. 42p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. ArcGIS DESKTOP 10.1. 2014. CD-ROM.

Farr TG et al. The Shuttle Radar Topography Mission. Rev Geophys. 2007;45(2):RG2004.

Hiemstra PH, Pebesma EJ, Twenhöfel CJW, Heuvelink GBM. Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network. Comp Geosci. 2009;35(8):1711–1721.

Jiang L, Yao Z, Liu Z, Wu S, Wang R, Wang L. Estimation of soil erosion in some sections of Lower Jinsha River based on RUSLE. Nat Haz. 2015;76(3):1831-1847.

Khan AM, Qureshi R, Saqib Z. Multivariate analyses of the vegetation of the western Himalayan forests of Muzaffarabad district, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. Ecol Ind. 2019;104:723–736.

Mello CR, Viola MR, Beskow S, Norton LD. Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. Geoderma. 2013;202:88–102.

Moore ID, Burch GJ. Physical Basis of the Length-slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Sci Soc Am J. 1986;50(5):1294-1298.

Renard KG, Foster GR, Weisies GA, McCool DK, Yoder DC. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, United States Department of Agriculture, Report No. 703, 1997.

Steinmetz AA, Cassalho F, Caldeira TL, Oliveira VA, beskow S, Timm LC. Assessment of soil loss vulnerability in data-scarce watersheds in southern Brazil. Ci Agro. 2018;42:575-587.

Wischmeier WH, SMITH DD. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Washington, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537, 1978.

Zanchin M. Perda e aporte de sedimentos estimados pelos modelos RUSLE e SEDD em bacia hidrográfica de clima subtropical [dissertação]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2020.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Inibidor de Nitrificação Adicionado a Dejetos de Suínos Afeta o Acúmulo de Nitrogênio e a Produtividade do Milho

**Mikael Brum dos Reis[(1)]; Poliana Graupe de Almeida[(2)]; Rosemar de Queiroz[(3)]; Heitor Luís Santin Bazzo[(3)]; Stefen Barbosa Pujol[(4);] Celso Aita[(5)]**

[(1)]Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria – RS, 97105-900, mikareis1999@gmail.com; [(2)]Graduanda do curso de Agronomia, UFSM; [(3)]Doutorando em Ciência do Solo, UFSM; [(4)]Pós-Doutorando em Ciência do Solo, UFSM ; [(5)]Professor Titular, UFSM

## INTRODUÇÃO

A suinocultura tem grande importância social e econômica na região do Sul do Brasil, porém o sistema adotado, de confinamento dos animais, gera grandes volumes de dejetos líquidos de suínos (DLS) (ABCS, 2019). A utilização dos DLS como fertilizante na cultura do milho é uma prática comum, em função dos teores de nitrogênio (N) nesse resíduo orgânico e também da alta demanda de N por essa gramínea.

No sistema plantio direto (SPD), os DLS são aplicados na superfície do solo, o que pode causar problemas ambientais, além de reduzir o seu potencial fertilizante devido às perdas de N para a atmosfera, principalmente via volatilização de amônia ($NH_3$) (ROCHETTE et al., 2009). A injeção subsuperficial dos DLS no solo tem se mostrado uma prática eficiente em mitigar a volatilização de $NH_3$, em comparação a sua aplicação sobre os resíduos culturais em SPD. Porém, a injeção dos DLS aumenta a emissão de $N_2O$, que é um potente gás de efeito estufa (AITA et al., 2014).

Uma estratégia para manter os benefícios da injeção na preservação do N amoniacal dos DLS e, ao mesmo tempo, reduzir a produção e emissão de $N_2O$ consiste em adicionar o inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) aos DLS no momento da sua injeção no solo. No estudo de Aita et al. (2019), a DCD reduziu a emissão de $N_2O$ em 48%, quando comparado com a injeção dos DLS sem DCD. Apesar desse efeito positivo da DCD na redução da emissão de $N_2O$, esse inibidor de nitrificação tem apresentado efeitos inconclusivos do ponto de vista agronômico, com pouco (MOIR et al., 2012) ou nenhum aumento na produtividade de grãos do milho (GONZATTO et al., 2017).

Uma das razões apontadas por alguns autores, como por exemplo Rose et al. (2018), para a pequena resposta ao uso dos inibidores pode estar ligada ao fato da eficiência dos mesmos ter sido avaliada principalmente em situações em que foram aplicadas doses ótimas de N às culturas. Nessa condição, as quantidades remanescentes de N no solo, após a ocorrência de eventuais perdas de N por desnitrificação e lixiviação de $NO_3^-$, ainda seriam suficientes para atender a demanda de N das culturas, reduzindo a resposta das mesmas ao uso do inibidor de nitrificação. Por isso, a importância em avaliar a performance dos inibidores sobre a produtividade das culturas, aplicando-se subdoses de N (ROSE et al., 2018).

O objetivo desse estudo foi avaliar se o efeito do inibidor de nitrificação DCD sobre o acúmulo de N e produtividade do milho varia em função da dose de DLS injetada no solo em plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (EMBRAPA, 2018) da área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na safra 2019/2020.

Os dejetos utilizados foram coletados em esterqueira anaeróbica de um suinocultor de Nova Palma, RS, e logo após a coleta foram analisados quanto aos teores de N amoniacal total (3,5 g $kg^{-1}$), N total (5,46 g kg-1), matéria seca (5,91 g $kg^{-1}$) e pH (6,8), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

A dose de N recomendada ao milho pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2016) para uma expectativa de rendimento de grãos de 10 Mg $ha^{-1}$ foi de 150 kg de N $ha^{-1}$. Foram avaliadas quatro doses de DLS, a fim de suprir o equivalente a 33, 66, 100 e 133% dessa quantidade de N recomendada. Portanto, as quantidades de N disponível (80 % do N total dos DLS) aplicadas com os DLS foram de 50, 100, 150 e 200 kg N $ha^{-1}$ para as doses de 33 (11,5 $m^3$ $ha^{-1}$), 66 (22,9 $m^3$ $ha^{-1}$), 100 (34,3 $m^3$ $ha^{-1}$) e 133 % (45,8 $m^3$ $ha^{-1}$), respectivamente. Cada dose de DLS foi aplicada ao solo com e sem o uso do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), totalizando oito tratamentos com DLS. Além dos tratamentos com DLS, foram avaliados mais dois tratamentos, sendo um com a adução mineral nitrogenada recomendada ao milho (150 kg N-ureia $ha^{-1}$) e outro sem o uso de fertilizantes (testemunha). Assim, o número total de tratamentos avaliados em parcelas de 24 m² (6,0 m x 4,0 m) foi de 10, os quais foram dispostos no delineamento de blocos ao acaso e com quatro repetições. As quantidades de P e K foram equiparadas em todos os tratamentos, tomando por base as quantidades de P e K aplicadas na maior dose de DLS (133 %). Portanto, cada tratamento recebeu, no momento da semeadura do milho, 180 kg $ha^{-1}$ de P e 171 kg $ha^{-1}$ de K, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

A aplicação dos DLS no solo foi realizada manualmente, com regadores, após a abertura dos sulcos de injeção por uma máquina injetora comercial (Modelo DAOL-i 4000 Tandem, MEPEL). O espaçamento entre sulcos foi de 0,35 m e a profundidade dos mesmos variou de 0,08 a 0,12 m. A adição e homogeneização da DCD aos DLS foi feita em caixas d'água com capacidade de 1000 L, em período nunca superior a uma hora antes de aplicar os DLS no solo. Em todos os tratamentos com DLS, a dose de DCD foi equivalente a 10 % da quantidade de N amoniacal aplicada, o que correspondeu a 6,25 (33%), 12,5 (66%), 18,75 (100%) e 25 (133%) kg $ha^{-1}$ de DCD.

No dia seguinte à aplicação dos tratamentos, que ocorreu em 10 de outubro de 2019, foi realizada a semeadura do milho, com semeadora para plantio direto e em linhas espaçadas de 0,5 m entre si. A quantidade de sementes utilizada foi estabelecida prevendo-se uma população final de 60 mil plantas $ha^{-1}$. Sempre que necessário, o milho foi irrigado por aspersão.

Para a determinação da produtividade de grãos foram colhidas manualmente as espigas das plantas da área útil de cada parcela (14 m²). A umidade dos grãos foi determinada e a produtividade final foi corrigida para 13% de umidade. Para a determinação da produção e concentração de N total na palha do milho foram coletadas aleatoriamente cinco plantas na área útil de cada parcela, as quais foram submetidas à secagem em estufa a 65 ºC até massa constante. Após a pesagem e moagem, o material foi pesado e moído finamente (< 100 mesh). Amostras de grãos também foram secas a 65ºC e moídos finamente. Após moídos, a palha e os grãos foram analisados quanto aos teores de N total, por combustão seca (Flash EA 1112, Thermo Finnigan, Milão, Itália).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Anova) usando o software Sisvar e os tratamentos foram comparados usando a menor diferença significativa. A significância estatística foi estabelecida para o nível de confiança de Fisher (ou LSD) de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de DLS aumentou significativamente a produtividade de grãos, em relação ao tratamento testemunha, no qual o milho foi fertilizado apenas com P e K na semeadura. Na média das quatro doses de DLS, com e sem DCD, esse aumento proporcionado

pelos DLS foi de 1,94 vezes. Com a aplicação da adubação nitrogenada recomendada ao milho (NPK), o aumento observado na produtividade de grãos, em relação ao tratamento testemunha, foi de 2,14 vezes (**Figura 1**). Quanto ao acúmulo de N na palha e nos grãos, ele aumentou, na média dos tratamentos com DLS, em 67,0 e 111,9%, respectivamente (**Figura 2**). A baixa produtividade e acúmulo de N no milho do tratamento testemunha, evidenciam a baixa capacidade do solo em suprir N ao milho e o elevado potencial de resposta da área experimental aos tratamentos avaliados.

A produtividade de grãos do tratamento com a dose de N-ureia recomendada (NPK) ao milho não diferiu daquela obtida com a dose de 100% de DLS, com e sem o uso da DCD. Já o acúmulo de N pelo milho também não diferiu entre o tratamento NPK e a dose de 100% de DLS, porém apenas quando não foi utilizada a DCD. Esses resultados evidenciam que o índice de 80 % do N total dos DLS, considerado como disponível ao milho pela recomendação atual da CQFS (2016), está adequado.

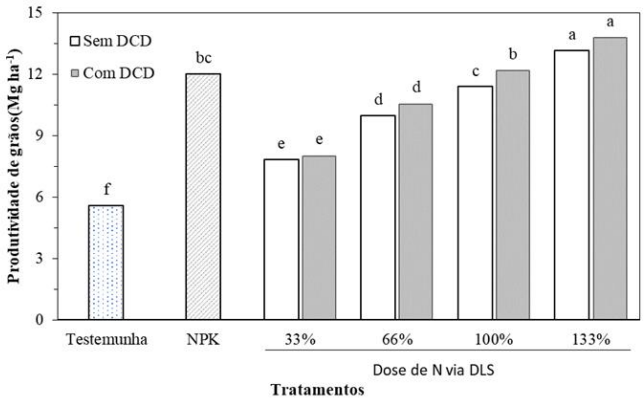



**Figura 1.** Produtividade de grãos de milho no tratamento testemunha e nos tratamentos fertilizados com doses de dejetos líquidos de suínos (DLS) e adubação mineral (NPK). Letras distintas diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade de erro.

Na ausência do inibidor de nitrificação, a produtividade de grãos aumentou significativamente com o uso dos DLS, passando de 7,8 Mg ha$^{-1}$ na dose de 33% para 9,9 Mg ha$^{-1}$ (66%), 11,4 Mg ha$^{-1}$ (100%) e 13,2 Mg ha$^{-1}$ (133%). Essa mesma tendência foi observada nas quantidades de N acumuladas pelo milho (**Figura 2**). Quando a dose de DLS foi aumentada para 133% da quantidade de N recomendada, a produtividade de grãos ainda aumentou em 10% em relação ao tratamento NPK, indicando que o milho tinha potencial para responder a quantidades de N superiores a aquelas atualmente recomendadas para a cultura. Todavia, além da produtividade, é preciso avaliar também os impactos ambientais da aplicação de doses de N via DLS mais elevadas do que aquelas recomendas ao milho.

Um dos objetivos principais do presente estudo era avaliar o impacto da adição da DCD aos DLS sobre a produtividade e acúmulo de N no milho, e também se a magnitude desse efeito estava relacionada à dose de DLS aplicada. Em três das doses de DLS (33, 66 e 133%), a produtividade de grãos aumentou em 0,5 Mg ha$^{-1}$ (4,9%) com o uso da DCD, mas esse aumento não foi significativo. Esses resultados estão de acordo aos relatados por Yang et al. (2016) em uma meta-análise com 49 estudos, em que o uso da DCD aumentou a produtividade do milho em aproximadamente 6%. O acúmulo de N pelo milho nessas mesmas três doses de DLS aumentou em apenas 1,3 kg N ha$^{-1}$ (0,84%) com o uso da DCD (**Figura 2**).

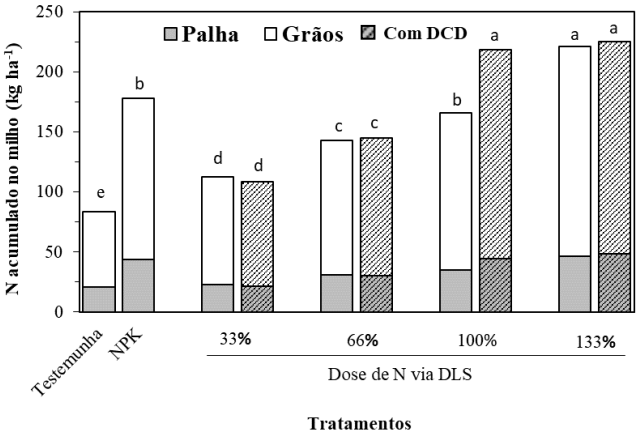



**Figura 2.** Acúmulo de nitrogênio (N) na palha e nos grãos do milho no tratamento testemunha e nos tratamentos com adubação mineral (NPK) e com doses de dejetos líquidos de suínos (DLS). Letras distintas diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade de erro.

A única dose de DLS em que a DCD aumentou significativamente a produtividade de grãos (0,8 Mg $ha^{-1}$ = 7%) e o acúmulo de N no milho (53,1 kg N $ha^{-1}$ = 32%) foi a dose de 100%. Portanto, a hipótese sugerida por Rose et al. (2018) de que a resposta positiva da DCD sobre o aumento da produtividade das culturas poderia ocorrer com a aplicação de doses subótimas de N não se confirmou. Cabe destacar, no entanto, que estes resultados se referem a apenas um cultivo de milho. Resultados mais conclusivos deverão ser obtidos ao final do estudo, onde estão previstas mais três aplicações dos mesmos tratamentos, sendo duas aplicações no inverno, no trigo, e mais uma aplicação no milho, em 2020/2021.

## CONCLUSÕES

A adição do inibidor de nitrificação DCD aos DLS aumentou a produtividade de grãos e o acúmulo de N no milho em todas as doses de DLS testadas, mas essa diferença foi significativa apenas na dose de 100% de N via DLS.

A dose de N recomendada ao milho com os DLS (100%) proporcionou produtividade de grãos e acúmulo de N equivalentes à aplicação de N através da ureia.

## REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. 2019. Acessado em [03 de setembro de 2020]. Disponível em: http://abcs.org.br/dados-do-setor/.

Aita C, Gonzatto R, Miola ECC, Santos DB, Rochette P, Angers DA, Chantigny MH. Injection of DCD-treated pig slurry reduced $NH_3$ volatilization without enhancing soil $N_2O$ emissions from no-till corn in southern Brazil. J. Environ. Qual. 2014; 43:789–800. doi. 10.2134/jeq2013.07.0301.

Aita C, Chantigny MH, Gonzatto R, Miola ECC, Rochette P, Pujol SB, Santos DB, Giacomini DA, Giacomini SJ. Winter-Season Gaseous Nitrogen Emissions in Subtropical Climate: Impacts of Pig Slurry Injection and Nitrification Inhibitor. J. Environ. Qual. 2019; 48:1414–1426. doi. 10.2134/jeq2018.04.0137

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

EMBRAPA, Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. [Acessado em: 28 set. 2020]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/solos/buscadepublicacoes/-/publicacao/1094003/sistemabrasileiro-declassificacao-de-solos/.

Gonzatto R, Aita C, Bélanger G, Chantigny MH, Miola ECC, Pujol SB, Dessbesel A, Giacomini SJ. Response of no-till grain crops to pig slurry application methods and a nitrification inhibitor. Agron. J. 2017; 109:1687–1696.

Moir JL, Malcolm BJ, Cameron KC, Di.H.J. The effect of dicyandiamide on pasture nitrate concentration, yield and N offtake under high N loading in winter and spring. Grass Forage Sci. 67:391–402. 2012 doi:10.1111/j.1365-2494.2012.00857.x

Rochette P, Angers DA, Chantigny MH, MacDonald JD, Bissonnette N, Bertrand N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A laboratory comparison. Soil Tillage. 2009. Res. 103:310–315. doi:10.1016/j.still.2008.10.028.

Rose TJ, Wood RH, Rose MT, Zwieten LV. A re-evaluation of the agronomic effectiveness of the nitrification inhibitors DCD and DMPP and the urease inhibitor NBPT. Agric. Ecosyst. Environ. 2018; 258:69-73.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

Yang M, Fang Y, Sun D, Shi Y. Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethypyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis. Sci. Rep. 2016:6, 22075. doi.10.1038/srep22075.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Dinâmica Espaço-Temporal das Frações da Matéria Orgânica do Solo e suas relações com os Atributos do Terreno, no Pampa Gaúcho – V anos de monitoramento.

**Otávio Ladislau Garcia Medeiros[(1)]; Júlio César Wincher Soares[(2)]; Lucas Nascimento Brum[(3)]; Thaynan Hentz de Lima[(4)]; Daniel Nunes Krum[(5)]; Thiago Floriano Cardoso[(6)].**

[(1)]Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões Campus de Santiago, Avenida Batista Bonotto Sobrinho, n°733, Santiago-RS, 97711-500, otaviogarciamedeiros@outlook.com; [(2)]Professor; Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões Campus de Santiago; [(3)]Eng° Agrônomo, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões Campus de Santiago; [(4)]Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões Campus de Santiago, [(5)]Mestrando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [(6)]Eng° Agrônomo, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões Campus de Santiago.

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial, sendo a principal "commodity" do agronegócio brasileiro. No Estado do Rio Grande do Sul, a cultura da soja tem apresentado alteração no perfil da produção, com a expansão principalmente, para regiões tradicionais de pecuária, no Pampa (SANTOS et al., 2014).

As mudanças que ocorrem pelo uso e manejo dos solos podem ser avaliadas por meio do fracionamento físico da Matéria Orgânica do Solo (MOS), devido à maior sensibilidade das frações, frente ao sistema de manejo adotado (BAYER et al., 2004).

O presente estudo foi desenvolvido no Sistema de informações geográficas (SIG's), onde são realizadas operações de geoestatística, overlay e álgebra de mapas. Dentre as técnicas de interpolação geoestatísticas a krigagem é o melhor estimador linear não tendencioso, que incide na estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma (LANDIM, 2006).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica das frações da matéria orgânica e suas relações com a geomorfologia de uma catena do Pampa, durante cinco anos de monitoramento espaço-temporal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, Estado do Rio Grande do Sul, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), a área de estudo é formada por polipedons de Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos.

Em 2016, a catena de 1,17 ha era ocupada por campo nativo. Posteriormente, em 2017, foi feita a inserção da cultura da soja em plantio convencional, para os anos de 2018, 2019 e 2020 foi adotado um sistema conservacionista, com a migração para o sistema de plantio direto. Assim, foram coletadas amostras deformadas em 52 pontos de prospecções, em diferentes momentos, numa malha com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0 – 0,2 m. Para locar os pontos foi empregado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Real Time Kinematic).

O fracionamento físico da MOS, que visa discriminar a fração particulada da associada aos

minerais (intra-agregados), foi efetuado por tamisação. Para isso, 20 g de solo foram pesados, colocados em "snap-cap" com 60 mL de hexametafosfato de sódio (5 g $L^{-1}$) e submetidos à agitação horizontal por 15 h (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992). Após a agitação horizontal, utilizando-se de jatos de água destilada, as amostras foram fracionadas numa peneira 53 µm. Após o fracionamento, as amostras foram secas à 50 °C e analisadas quanto ao teor de carbono orgânico (CO), através do método colorimétrico proposto por Raij et al. (2001).

As análises geoestatísticas foram realizadas no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1.

O procedimento de seleção do modelo semivariográfico consistiu naquele que representou o melhor resultado no teste de validação cruzada (cross-validation). A validação cruzada permite identificar a melhor estrutura de dependência espacial, indicando assim, o erro de predição de cada valor verificado. Logo, os erros de predição testados, também chamados de resíduos, foram: Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS).

Para o ajuste dos modelos de semivariogramas aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (IDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é considerada fraca, quando a razão do efeito pepita é superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita é superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, os mapas das diferentes frações da MOS, nos diferentes períodos de monitoramento, foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária no ArcGIS® 10.5.1.

Do Modelo Digital de Elevação Geométrica (MDE), o qual considera a elevação em relação ao elipsoide de referência Geodetic Reference System 1980 (GRS80), foram extraídos os atributos do relevo utilizando algoritmos e comandos específicos dos Sistemas de Informações Geográficas SAGAGIS, versão 2.1.4 (CONRAD et al., 2015).

Para o estudo da geomorfologia foram extraídos os atributos do relevo: elevação, declividade, curvatura no plano (C.plan), e fator topográfico (LS). A escolha desses atributos foi baseada no trabalho de Moore et al. (1993).

Para analisar a correlação entre as frações do saldo da MOS e dos AT, utilizou-se 658 casos extraídos dos diferentes planos digitais e procedeu-se com a análise de correlação de Pearson ($p<0,05$).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados das frações da matéria orgânica foi normal ($p<0,01$), conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva das frações da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

| F | C | Mín. | Máx. | Méd. | CV (%) | SIG |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2016 | | | |
| COT | 52 | 13,90 | 51,90 | 18,84 | 28,30 | 0,018 |
| Intra | 52 | 8,60 | 50,90 | 16,57 | 33,73 | 0,019 |
| Partic. | 52 | 0,77 | 9,41 | 2,28 | 62,33 | 0,048 |
| | | | 2017 | | | |
| COT | 52 | 1,40 | 21,70 | 14,73 | 19,86 | 0,268 |
| Intra | 52 | 0,20 | 19,90 | 13,04 | 20,85 | 0,463 |
| Partic. | 52 | 0,50 | 4,70 | 1,70 | 47,80 | 0,095 |
| | | | 2018 | | | |
| COT | 52 | 17,40 | 30,74 | 23,48 | 10,60 | 0,802 |
| Intra | 52 | 10,57 | 25,98 | 16,61 | 16,27 | 0,902 |
| Partic | 52 | 3,21 | 11,81 | 6,87 | 29,87 | 0,526 |
| | | | 2019 | | | |
| COT | 52 | 12,30 | 26,30 | 16,63 | 16,84 | 0,205 |
| Intra | 52 | 12,00 | 25,80 | 16,12 | 16,77 | 0,271 |
| Partic. | 52 | 0,30 | 1,70 | 0,52 | 50,45 | 0,000 |
| | | | 2020 | | | |
| COT | 52 | 8,50 | 25,30 | 15,77 | 23,30 | 0,850 |
| Intra | 52 | 7,70 | 22,30 | 14,38 | 23,79 | 0,967 |
| Partic. | 52 | 0,30 | 3,60 | 1,39 | 50,88 | 0,186 |

Legenda: F: formas. C: casos. Mín: mínimo. Máx: máximo. Méd: média. CV: coeficiente de variação. SIG: significância.

Conforme a tabela 2, os dados das diferentes frações da MOS se ajustam, principalmente aos

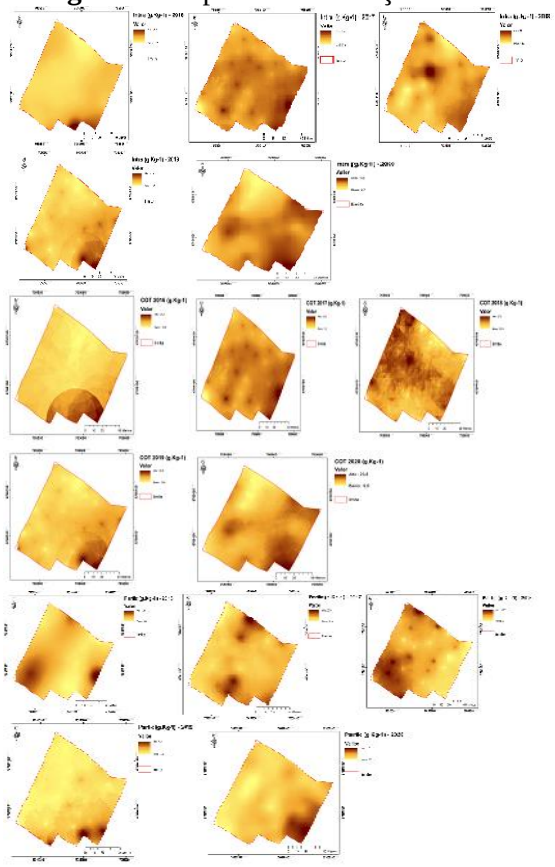
modelos exponencial e stable, com erros experimentais nulos ou inexistentes e alcances superiores a equidistância da malha amostral, culminando em dependências espaciais de moderado a forte.

**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das frações da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

| F. | Modelo | Pepita | Patamar | Alcance | DE | GDE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2016 | | | |
| COT | Exp | 12,484 | 26,246 | 170,26 | Mod | 47,57 |
| Intra | Exp | 13,209 | 29,727 | 170,26 | Mod | 44,43 |
| Parti | Exp | 1,105 | 1,253 | 113,51 | | 88,17 |
| | | | 2017 | | | |
| COT | Stable | 0,000 | 6,768 | 31,33 | Forte | 0,00 |
| Intra | Stable | 0,000 | 5,749 | 31,33 | Forte | 0,00 |
| Parti | Exp | 0,294 | 0,439 | 28,70 | Mod | 66,99 |
| | | | 2018 | | | |
| COT | Stable | 0,000 | 6,620 | 24,61 | Forte | 0,00 |
| Intra | Circ | 0,000 | 1,243 | 54,62 | Forte | 0,00 |
| Parti | | 0,000 | 4,101 | 36,80 | Forte | 0,00 |
| | | | 2019 | | | |
| COT | Stable | 1,461 | 5,044 | 31,33 | Mod | 28,97 |
| Intra | Stable | 1,442 | 4,656 | 31,33 | Mod | 30,98 |
| Part | Stable | 0,000 | 0,065 | 41,98 | Forte | 0,00 |
| | | | 2020 | | | |
| COT | Exp | 2,623 | 14,911 | 113,51 | Forte | 17,59 |
| Intra | Exp | 4,506 | 9,915 | 113,51 | Mod | 45,45 |
| Parti | Circ | 0,000 | 0,217 | 17,45 | Forte | 0,00 |

Conforme Dick et al.(2009), o tipo de vegetação e o uso e manejo do solo estão entre os fatores determinantes da distribuição de carbono nas diferentes frações da Matéria Orgânica do Solo. Avaliando os valores das frações da MOS nos diferentes anos, pode-se observar que houve uma grande diminuição em ambas das frações logo após a conversão do campo nativo para o cultivo convencional. No ano de 2018 ocorreu uma considerável elevação nos teores da fração particulada, após a utilização da ervilhaca, seguida pelo plantio do milheto (**Figura 1**).

**Figura 1.** Mapas de distribuição do COT.



Conforme a **tabela 3**, pode-se inferir que as frações da MOS apresentam uma correlação positiva com os atributos do terreno Fator LS e declividade, e negativa com o atributo elevação sendo inversamente proporcional.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson para as frações da matéria orgânica dos solos numa catena do Pampa.

| | Fator LS | Declividade | Elevação | C.plan. |
|---|---|---|---|---|
| COT | 0,606** | 0,655** | -0,688** | -0,105** |
| Intra | 0,498** | 0,580** | -0,480** | |
| Partic. | 0,493** | 0,420** | -0830** | -0,150** |

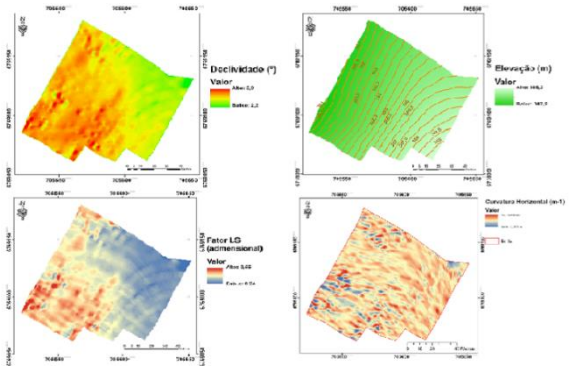
Legenda: COT: Carbono Organico Total, Intra: Fração Intra-Agregados, Partic.: Fração Particulada.

De acordo com MARQUES JÚNIOR; LEPSCH (2000) e KRAVCHENKO; BULLOCK (2000), para o entendimento das causas da variabilidade do solo, é preciso conhecer os processos do solo que operam em locais específicos. Esses processos estão muito ligados à

água, sendo o relevo o principal controlador da intensidade e do seu fluxo em uma determinada área.

Portanto, quanto maior o valor de declividade, maior o efeito do Fator LS nas perdas das diferentes frações da MOS, isso devido a formação de canais de fluxo convergente que contribuiram para diminuição das frações COT e particulada. Onde se encontram os maiores valores de elevação, ocorreram as menores perdas de MOS.

Figura 1. Atributos do Terreno.



Legenda: DE: Dependencia Espacial, GDE%: Grau de Dependencia Espacial, COT: Carbono Organico Total, Intra-agregados, Partic.: Particulada.

## CONCLUSÕES

Foi possível observar variabilidade espaço-temporal nas diferentes frações da MOS. As frações da MOS apresentaram correlação com os atributos do terreno elevação, declividade, curvatura no perfil (C.plan) e fator topográfico (LS). A geomorfologia influenciou a dinâmica das diferentes frações da matéria orgânica do solo tais como sua redistribuição e perdas.

## REFERÊNCIAS


Bayer C, Ladislau MN, Mielniczuk J, Pavinato A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.7, p.677 - 683, 2004.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

Cambardella, CA, Elliott, ET. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

Conrad O, Bechtel B, Bock M, Dietrich H, Fischer E, Gerlitz L, et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v.2.1.4.Geoscientific Model Development. 2015.

Dick DP, Novotny EH, Dieckow J, Bayer, C. Química da matéria orgânica do solo, Capitulo XI. In: Química e mineralogia do solo, parte II. Aplicações. Melo, V.F. & Alleoni, R.F., eds. 2009.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 2013.353 p.

Franzen DW, Nanna T, Norvell WA. A survey of soil attributes in North Dakota by landscape position. Agronomy Journal, Madison, v.98, p.1.015-22, 2006.

Kravchenko A.N, Bullock DG. Correlation of corn and soybean grainyield with topography and soil properties. Agronomy Journal, Madison, v.92, p.75-83, 2000.

Marques Júnior J, Lepsch, IF. Depósitos superficiais neocenozoicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto - SP. Geociência, São Paulo, v.19, n.1, p.90-106, 2000.

McBratney AG, Webster AG. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. Journal of Soil Science, v. 37, p. 617-639, 1986.

Moore ID, Gessler PE, Nielsen GA, Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal, v. 57, p. 443-452, 1993.

Raij BV, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

Santos JS, Fontana DC, Silva TSF, Rudorff BFT. Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul. Rev. bras. eng. agríc. Ambient, Campina Grande, v.18, n.1, p.54-63, 2014.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito Imediato e Residual do Pó de Ardósia Misturado à Composto Orgânico de Resíduos de Frigorífico

**Rafael Ricardo Cantú[(1)]; Euclides Schalleneberger[(2)]; Rafael Gustavo Ferreira Morales[(3)]; Alexandre Visconti[(4)]; Érica Levina Marcellos[(5)] Jean Michel Prandini [(6)]**

[(1)]Pesquisador, EPAGRI, Avenida Antônio Heil 6800, Itajaí SC, CEP 88318-112, rrcantu@epagri.sc.gov.br; [(2)]Pesquisador, EPAGRI; [(3)]Pesquisador, EPAGRI; [(4)]Pesquisador, EPAGRI; [(5)]Estudante, UNIVALI; [(5)]Técnico, PAMPLONA S/A

## INTRODUÇÃO

A mineração da ardósia (varvito) é uma atividade de elevada importância econômica para a Região do Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina, com destaque do município de Trombudo Central. Além da produção de artefatos da rocha, as mineradoras realizam a britagem da ardósia, resultando em materiais de diversas granulometrias, entre esses, o pó de ardósia (DNPM, 2018). Esse material, possui potencial de melhorar as características do solo como um remineralizador, considerando a sua composição química, conforme a IN 53 do MAPA. O termo remineralizador é utilizado para descrever as matérias-primas de origem mineral (rochas, resíduos de mineração, garimpo e metalurgia) passíveis de serem utilizados na agropecuária com efeitos benéficos na fertilização, na correção e ou no condicionamento do solo (THEODORO, 2016).

Santa Catarina também se destaca, pela importância do setor agroindustrial na produção de carnes. Todavia, esse seguimento gera elevados volumes de resíduos, que quando não tratados, ocasionam sérios problemas ambientais. Esses materiais podem ser transformados por meio da compostagem em fertilizantes de elevada qualidade para uso em cultivos agrícolas (CANTÚ et al. 2019). O uso de compostos orgânicos na agricultura, melhora as características de fertilidade do solo, qualificando o desenvolvimento dos cultivos, comparado ao uso exclusivo de fertilizantes sintéticos (CANTÚ et al. 2017).

A busca por fontes de nutrientes eficientes, econômicas e mais acessíveis tem importante papel na economia brasileira e vários projetos buscam novas fontes nacionais de nutrientes para agricultura (SCHALLENBERGER et al. 2015). Apesar do pó de ardósia e do composto da agroindústria frigorífica possuírem potencial de uso agronômico, devido suas características químicas, ainda são raros os estudos sobre o uso da mistura desses materiais.

Considerando os aspectos aqui abordados, o objetivo do trabalho foi realizar um experimento com aplicação de doses do pó de ardósia, misturado ou não ao composto de resíduos de frigorífico, buscando avaliar o efeito imediato e residual em sucessivos cultivos de hortaliças.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Epagri (EEI), localizada no município de Itajaí SC, durante os meses de abril à novembro de 2019. O local está situado a 26°56'33.1"S 48°45'31.6"W de Greenwich e altitude de 5m. De acordo com Köeppen, o clima do local é subtropical, do tipo Cfa com chuvas bem distribuídas e verão quente e úmido.

O experimento foi realizado com quatro cultivos sucessivos de hortaliças, conduzido em vasos de oito litros dentro de abrigo de cultivo. Os três primeiros ciclos com alface e o quarto com repolho. Foram avaliadas doses do pó de rocha (PR) associadas ou não com composto de resíduos de frigorífico (CF), constituindo os seguintes

tratamentos: T1 – 0g vaso$^{-1}$; T2 – 300g vaso$^{-1}$ de PR; T3 – 600g vaso$^{-1}$ de PR; T4 – 1,200g vaso$^{-1}$ de PR; T5 – 2,400g vaso$^{-1}$ de PR; T6 – 140g vaso$^{-1}$ de CF; T7 – 140g vaso$^{-1}$ CF + 300g de PR; T8 – 140g vaso$^{-1}$ de CF + 600g de PR; T9 – 140g vaso$^{-1}$ de CF + 1,200g de PR; T10 – 140g vaso$^{-1}$ de CF e 2,400g de PR. Assim, as doses do PR se equivaleram à 0; 5; 10; 20 e 40 Mg ha$^{-1}$ e a dose do composto se equivalia a 30 Mg ha$^{-1}$. As doses utilizadas do composto e do pó de ardósia, foram dimensionadas com base em trabalhos realizados com materiais semelhantes (RIBEIRO et al. 2013; THEODORO et al. 2013). As doses de PR e CF foram adicionadas somente no primeiro cultivo, com o objetivo de avaliar o efeito residual desses materiais nos cultivos subsequentes.

Cada tratamento teve 12 repetições, constituídas por 12 vasos, sendo conduzido uma planta por vaso. No total, o experimento foi constituído de 120 vasos, conduzidos no delineamento inteiramente casualizado.

O solo utilizado foi um Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, misturado a diferentes doses de pó de ardósia e composto orgânico de agroindústria frigorífica, com as características descritas na **tabela 1**.

O pó de ardósia foi fornecido pela Empresa Castelinho Agro Rochas, situado no município de Trombudo Central – SC, que tem como principais atividades a moagem da pedra ardósia, constituindo assim os produtos que são comercializados. Atualmente, a mina é dividida entre 50%do total para extração em placas geométricas para venda e 50% do total para extração de material detonada a fim de realizar a moagem da ardósia. O pó de ardósia é utilizado como base em estradas, na área de construções civis, para assentamento de tijolos, piscinas e afins. Contudo, ainda continuam com uma finalidade pouco nobre.

O composto de resíduos de frigorífico foi obtido na unidade de compostagem Lauro Pamplona, localizada em Trombudo Central, de propriedade da empresa Pamplona Alimentos S/A. Os resíduos foram provenientes dos frigoríficos, localizados em Rio do Sul e Presidente Getúlio, das criações de suínos de granjas localizadas em Ituporanga e Rio do Oeste e da fábrica de rações localizada em Laurentino. A compostagem é realizada de maneira automatizada com o emprego de uma máquina para os revolvimentos das pilhas da compostagem. Após três meses do início da compostagem, o material foi retirado do compartimento mecanizado e depositado em um outro compartimento, sem revolvimento e após três meses, o composto foi considerado pronto. A tomada de decisão para finalização do processo foi devido às características do composto relacionadas a relação C/N, abaixo de 15, além da temperatura do fertilizante estar próxima à do ambiente, que indicam a estabilidade do material.

As colheitas foram realizadas quando as plantas apresentaram um período de cultivo próximo aos conduzidos comercialmente, cortando-as rente ao solo. Entre os cultivos, o solo era escarificado e após, plantada a muda do cultivo seguinte. A irrigação foi realizada de maneira localizada, com emprego de mangueiras diretamente ligadas ao solo, sempre procurando manter a umidade próximo a capacidade de campo.

Ao final de cada cultivo, as plantas foram pesadas para a determinação da produção vegetal. Os resultados foram submetidos a análise de variância, com auxílio do programa 'Sisvar' (FERREIRA, 2000) de estatística e as médias comparadas pelo teste estatístico Scott Knott.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto na **tabela 2**, é possível verificar que a adição do PR no primeiro cultivo, não proporcionou incrementos na MV da alface, misturado ou não ao CF. Por outro lado, no segundo, terceiro e quarto cultivos, houve efeito residual da adição do PR, quando misturado ao CF (**Tabela 2**). Embora o PR não tenha proporcionado efeito imediato, no primeiro cultivo, é importante destacar o efeito superior do composto comparado aos tratamentos com somente ou misturado ao PR (**Tabela 2**).

No segundo cultivo a adição no solo de 5 Mg ha$^{-1}$ de PR, misturado à 30 Mg ha$^{-1}$ de CF (T7), proporcionou um maior incremento na produção da alface (**Tabela 2**), comparado a aplicação exclusiva do composto (T6). Nesse cultivo, a mistura de 10 e 20 Mg ha$^{-1}$ de PR misturado à 30 Mg ha$^{-1}$ de CF (T8 e T9), também proporcionaram incremento na produção, comparado ao T6 com uso exclusivo de composto.

No terceiro cultivo é possível observar que o T7 (5 Mg ha$^{-1}$ de PR misturado à 30 Mg ha$^{-1}$ de CF), proporcionou uma média de produção da alface de 15% acima do T6, com uso exclusivo de composto (**Tabela 2**). Além disso, o uso exclusivo do PR na dose de 40 Mg ha$^{-1}$ (T5), foi superior a testemunha

(T1), indicando um efeito positivo do material, quando misturado apenas ao solo.

No quarto cultivo, foi possível constatar o efeito do uso do PR misturado ao CF, onde os tratamentos com essa mistura (T7, T8, T9 e T10) produziram incrementos significativos na produção, comparados ao tratamento T6, com uso exclusivo do composto (**Tabela 2**). Nesse cultivo é possível observar o fim do efeito residual do CF, quando comparado à testemunha T1. Todavia, é importante destacar que o tratamento com uso exclusivo de CF T6, proporcionou incrementos significativos nos três primeiros cultivos, quando comparado à testemunha e aos tratamentos com doses exclusivas de PR (T1, T2, T3, T4 e T5).

Os efeitos positivos de incremento de produção proporcionado pelo PR quando misturado ao CF, também foram observados por Theodoro et al. (2013). Nesse trabalho, os autores encontraram efeitos positivos misturando composto de dejetos bovinos com diferentes tipos de pós de rochas. Segundo Ribeiro et al. (2013), o composto orgânico quando misturado ao pó de rocha potencializa a mineralização de potássio, cálcio e magnésio da rocha moída, podendo resultar em incrementos da produção. Por outro lado, apesar dos teores significativos de nutrientes encontrados no PR (**Tabela 1**), a mineralização e disponibilidade desses é mais lenta que aqueles encontrados no composto orgânico (RIBEIRO et al. 2013; THEODORO et al. 2013). Todavia, é importante destacar que segundo esses autores, a disponibilidade dos nutrientes do pó de rocha não é imediata, sendo necessário avaliar o efeito residual do material, conforme constatado no presente estudo. Embora o presente estudo aponte para um efeito residual positivo do pó de ardósia, outros estudos devem ser realizados com outros tipos de solo e a campo, com diferentes condições climáticas.

## CONCLUSÕES

A utilização do pó de ardósia não apresenta efeito imediato em cultivos de hortaliças, nas condições do experimento realizado. Todavia, apresenta um indicativo de efeito residual quando aplicado no solo, misturado ao composto orgânico de frigorífico. É importante destacar, que o composto promoveu produtividades nos três primeiros ciclos, acima daquelas obtidas com apenas o solo, misturado ou não ao pó de ardósia.

**AGRADECIMENTOS:** à EPAGRI, FAPESC, Mineração Castelinho Agro Rochas e Pamplona Alimentos S/A.

## REFERÊNCIAS

Cantú RR, Aita C, Doneda A, Giacomini DA, Dessbesell A, Arenhardt M, Bastiani GG, PUJOL SB, Rochete F, Chantigny MH, Giacomini S. Alternatives to regular urea for abating N losses in lettuce production under sub-tropical climate. Biology and Fertility of Soils. 2017; 53:589-599.

Cantú RR, Schallenberger E, Morales RGF, Visconti A, Squerzzato N, Misfeld A. Compostagem automatizada de resíduos da agroindústria frigorífica In: Anais da 6º. Simpósio Internacional de Gestão de Resíduos Agroindustriais; 7-9 maio 2019; Florianópolis. Florianópolis: Sbera; 2020.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Ardósia de Trombudo Central (Varvito), abril/2018. [Acessado em: 26 jul. 2020]. Disponível em: http://file/ardosia-de-trombudo-central-sc-varvito.pdf

Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-258.

Schallenberger E, Rebelo JA, Cantu RR. Avaliação da concentração e da relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-primas. R. Agro. Catarinense. 2015; 28:78-82.

Ribeiro RCC, Machado RV, Andrade FV, Cazotti MM. Associação da compostagem ao processo de rochagem visando à liberação de potássio. In.: Anais do 2º Congresso Brasileiro de Rochagem; 12-17 maio 2013. Poços de Caldas. Poços de Caldas: Suprema; 2013

Theodoro SH, Leonardos OH, Rego KG, Talini NL, Santos F, Oliveira N. Efeito do uso da técnica de rochagem associada à adubação orgânica em solos tropicais. In.: Anais do 2º Congresso Brasileiro de Rochagem; 12-17 maio 2013. Poços de Caldas. Poços de Caldas: Suprema; 2013

Theodoro SH. A construção do marco legal dos remineralizadores. In.: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Rochagem; 8-11 nov. 2016. Pelotas. Pelotas: Embrapa; 2016

**Tabela 1**. Principais características químicas do solo, do pó de ardósia (PR) e do composto (CF), utilizados no experimento de avaliação do efeito imediato e residual do PR.

| Material | pH | P | K | N | Ca | Mg | MO | Relação C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | .....mg $dm^{-3}$..... | | | ....cmol $dm^{-3}$..... | | % | |
| Solo | 5,1 | 25,5 | 43,2 | - | 2,4 | 0,5 | 2,6 | - |
| | | | | .....g $kg^{-3}$..... | | | | |
| CF* | 7,1 | 19,5 | 8,0 | 27,6 | 36,2 | 5,5 | - | 14 |
| PR | 8,5 | 3,1 | 39,7 | - | 11,6 | 29,7 | - | - |

* Composto orgânico de resíduos de frigorífico

**Tabela 2**. Produção de matéria verde de cultivos em vasos com a utilização de pó de ardósia (PR) misturado e não com composto orgânico (CF), aplicados apenas no primeiro ciclo.

| Tratamento | alface (ciclo 1) | alface (ciclo 2) | alface (ciclo 3) | repolho (ciclo 4) |
|---|---|---|---|---|
| | .....g $plantas^{-1}$..... | | | |
| T1- 0 | 28,6 b | 15,2 d | 20,6 c | 41,2 b |
| T2- 5 Mg $ha^{-1}$ PR | 28,0 b | 14,6 d | 22,8 c | 41,4 b |
| T3- 10 Mg $ha^{-1}$ PR | 30,0 b | 13,3 d | 23,7 c | 41,7 b |
| T4- 20 Mg $ha^{-1}$ PR | 28,2 b | 14,4 d | 23,7 c | 41,9 b |
| T5- 40 Mg $ha^{-1}$ PR | 28,8 b | 15,2 d | 29,9 b | 42,2 b |
| T6- 30 Mg $ha^{-1}$ CF* | 102,4 a | 20,6 c | 36,8 a | 42,3 b |
| T7- 30 Mg $ha^{-1}$ CF + 5 Mg $ha^{-1}$ PR | 99,8 a | 32,4 a | 42,3 a | 43,1 a |
| T8- 30 Mg $ha^{-1}$ CF + 10 Mg $ha^{-1}$ PR | 95,7 a | 23,1 b | 34,2 b | 43,9 a |
| T9- 30 Mg $ha^{-1}$ CF + 20 Mg $ha^{-1}$ PR | 95,8 a | 23,3 b | 31,5 b | 43,1 a |
| T10- 30 Mg $ha^{-1}$ CF + 40 Mg $ha^{-1}$ PR | 97,9 a | 19,9 c | 31,2 b | 43,4 a |

CF* composto orgânico de resíduos de frigorífico. As médias foram separadas por letras pelo teste Scott Knott 5%.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Crescimento de Tomateiro Adubados com o Resíduo Sólido de Sisal

**Saulo Jonas Borges Costa[(1)]; Norma Eliane Pereira[(2)]; Michelle Silva Alcântara[(3)]**

[(1)]Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus - BA, 45662-900, saulojonas@hotmail.com; [(2)]Professora do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais; Universidade Estadual de Santa Cruz; [(3)]Engenheira Agrônoma; Universidade Estadual de Santa Cruz.

## INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma cultura de grande importância econômica, sendo uma das mais cultivadas, devido à versatilidade quanto ao consumo do tomate e o valor nutritivo e comercial deste fruto (FERNANDES et al., 2007).

A incorporação de materiais orgânicos ao solo afeta a dinâmica dos micro-organismos, o que favorece a disponibilidade de nutrientes às plantas, bem como, promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes (SEVERINO et al., 2004; MALAVOLTA et al., 1997).

O sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm), planta originária do México, adaptou-se bem em regiões do Semiárido Nordestino. O Brasil é o maior produtor e exportador de fibras e manufaturados de sisal, sendo o Estado da Bahia, o maior produtor nacional de fibra de sisal, concentrando 95% da produção (SECTI, 2014).

Entretanto, as fibras representam somente 4% do peso da planta, e os resíduos sólidos e aquosos constituem os restantes 96%, que são abandonados em pilhas nas áreas de produção pelos produtores sem qualquer aproveitamento (SUINAGA et al., 2006).

Diversos materiais orgânicos têm sido utilizados para a produção de mudas. A utilização do resíduo de sisal na produção representa uma alternativa de baixo custo e proporciona aumento da renda do cultivo do sisal, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos produtores. Este trabalhou objetivou avaliar o pó moído proveniente do resíduo sólido e seco de sisal no crescimento de tomateiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em casa-de-vegetação, da Universidade Estadual de Santa Cruz, no Município de Ilhéus, BA, latitude. 14º 47' 50,65349" S, longitude. 39º 10' 28,04793" W e altitude de 9m; clima equatorial (Classificação climática de Köppen-Geiger: Af), em solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo.

O resíduo sólido de sisal foi coletado no campo, no momento do desfibramento das folhas, utilizando-se uma pá limpa para retirar a parte sólida do compartimento da máquina, no município de Valente, Bahia. O resíduo foi colocado em sacos de plástico e transportado para a UESC, onde o material foi colocado para secar em estufa de ventilação forçada a 65ºC até a obtenção de massa constante e, em seguida, foi triturado.

O pó moído proveniente do resíduo sólido, foi misturado ao solo esterilizado, homogeneizado e mantido em sacos de plástico na casa de vegetação à temperatura ambiente, para incubação por 10 dias. Após este período, o solo foi transferido para vasos com capacidade de 2 L, seguido do transplantio de uma muda de tomateiro cultivar Santa Cruz Kada com 20 dias de idade.

Foram utilizadas cinco doses do resíduo sólido seco e moído: 0, 10, 20, 30 e 40 t ha-¹. O delineamento foi em blocos casualizados, com 15 repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso contendo uma muda de tomateiro.

O tomateiro foi coletado aos quarenta dias após o transplantio. Na coleta, avaliou-se a altura, o

diâmetro, a massa seca da parte aérea e das raízes. Os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve tendência de redução no desenvolvimento do tomateiro à medida que aumentou as doses do pó moído proveniente do resíduo sólido seco de sisal. A aplicação de 30 e 40 t ha-¹ do resíduo sólido seco de sisal reduziu a altura (3% e 8%) e diâmetro (6% e 7%), respectivamente, em relação ao tratamento sem resíduo (0%) (Figuras 1A e 1B).

A biomassa seca da parte aérea reduziu em 20% e 24%, em relação ao tratamento sem o resíduo com as doses de 30 e 40 t ha-¹ (Figuras 1 C). A aplicação de 40 t ha-¹ do resíduo sólido reduziu significativamente em 46% a massa seca das raízes (Figura 1 D).

Com a dose de 10 t ha-¹ houve incremento de 17% na altura das plantas (Figura 1 A). O melhor resultado foi obtido com a dose de 20 t ha-¹, com incrementos de 26% e 12%, na altura e na massa seca das raízes, respectivamente, em relação ao tratamento sem resíduo (Figura 1 B e 1D).

Ribeiro et al. (2012) testaram cinco doses do resíduo obtido da casca e polpa externa de pequi (0; 7,5; 15 e 30 g/por 4 kg de solo) no crescimento do tomateiro. Os autores verificaram que houve redução de 55% e de 52% na altura e na massa da matéria seca da parte aérea, respectivamente, com a dose de 30 g em relação à testemunha, indicando efeito de fitotoxicidade.

A utilização do resíduo seco do sisal em quantidades excessivas (30 e 40 t ha-¹) provocou efeito fitotóxico sobre o desenvolvimento da cultura. Sugere-se que a quantidade dos com postos secundários presentes neste resíduo, principalmente, taninos, fenóis e flavonoides foram elevados quando comparados com os tratamentos que receberam doses menores, por exemplo, 20 t ha-¹, e causaram este efeito fitotóxico. Além disso, naquela dose, pode ter havido redução na absorção de vários nutrientes.

Segundo Moreira & Siqueira (2002), compostos aromáticos, como taninos que estão presentes na composição do sisal, causam a redução da absorção de vários nutrientes como nitrogênio e fósforo e promovem a interação com enzimas e substâncias promotoras de crescimento, aumentam a absorção de ferro e de outros micronutrientes, e alteram as relações hídricas entre a planta e o solo. Os ácidos fenólicos são mencionados como responsáveis pela redução de absorção de micro e macronutrientes em diversas espécies. Os flavonoides também interferem de maneira indireta na absorção de nutrientes pelas plantas (SANTOS & REZENDE, 2008).

Estes compostos podem, de forma indireta, influenciar alterações nas características nutricionais da planta e na atividade dos micro-organismos no solo (RICE, 1984; RIZVIET al. 1992 citados por BORELLA et al., 2009).

Nesta pesquisa, o transplantio do tomateiro foi efetuado dez dias após a incorporação do resíduo ao substrato. Possivelmente, não tenha havido tempo suficiente para a decomposição do resíduo pelos micro-organismos.

## CONCLUSÕES

1. A dose de 30 e 40 t ha-¹ promoveu fitotoxicidade ao tomateiro;
2. O intervalo entre a aplicação do resíduo sólido seco de sisal e o plantio da cultura deve ser superior a dez dias, evitando, assim, riscos de fitotoxicidade;
3. O resíduo sólido seco de sisal na dose de de 20 t ha-¹ apresenta potencial para ser utilizado na adubação do tomateiro.

## REFERÊNCIAS

Borella, J.; Wandscheen, A.C.D.; Bonatti, L.C.; Pastorini, L.H. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Persea americana* Mill. sobre Lactuca sativa L. Revista Brasileira de Biociências, v. 7, p. 260-265, 2009.

Fernandes, A.A.; Martinez, H.E.P.; SILVA, D.J.H.; Barbosa, J.G.; Pedrosa, A.W. Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de

sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1013-1019, 2007.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, p.1039-1042,2011.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.

Moreira, F.M.S.M.; Siqueira, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA. 629p. 2002.

Ribeiro, H.B.; Ribeiro, R.C.F.; Xavier, A.A.; Campos, V.P.; Dias-Arieira, C.R.; Mizobutsi, E.H. Resíduos de frutos de pequi no controle do nematoide das galhas em tomateiro. Horticultura Brasileira, v. 30, p.453-458, 2012.

Santos, S.& Rezende, M.O.O. Avaliação do potencial herbicida de compostos secundários na germinação de sementes de plantas daninhas encontradas em pastagens. Revista Analytica, v. 2, p. 32, 2008.

Secti. Projeto Sisal de Base Tecnológica. Disponível em: http://www.secti.ba.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PROJETO-SISAL-DE-BASE-TECNOLOGICA.pdf. Acesso em 05 jan. 2020.

Severino, S.L. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31 p. (Documentos, 134).

Suinaga, F.A.; Silva, O.R.R.F.; Coutinho, W.M. Cultivo de Sisal na região Semi-árida do nordeste brasileiro. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, v.5, 42p, 2006.

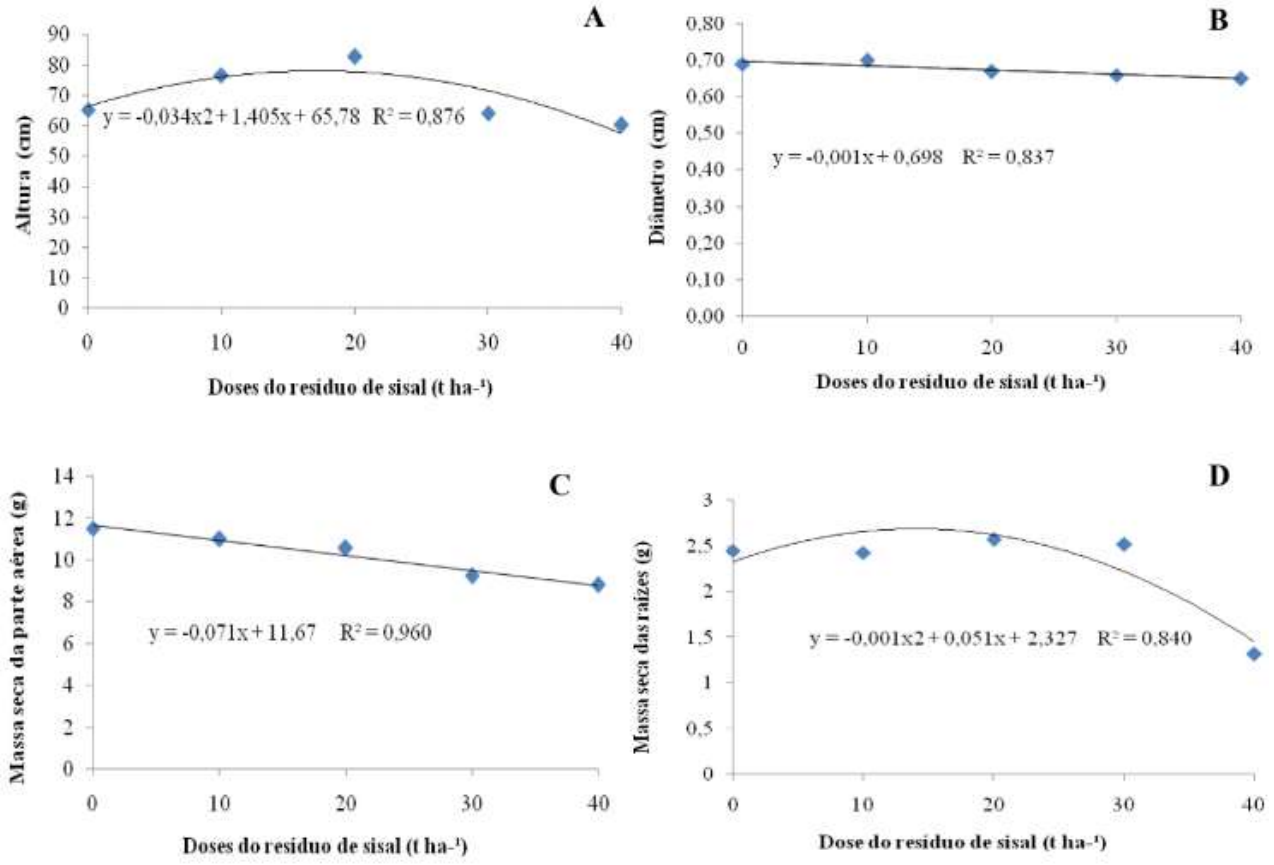



**Figura 1.** Altura (A), diâmetro (B), massa seca da parte aérea (C) e massa seca das raízes (D) de tomateiro, submetidos à adubação orgânica com o resíduo sólido e seco de sisal.

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# Efeito de Resíduo Orgânico na Solubilização de Fertilizantes Fosfatados Minerais

**Thaís de Marchi Soares[(1)]; Henrique Rasera Raniro[(2)]; Paulo Sergio Pavinato[(3)]**

[(1)] Doutoranda, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, Av. Pádua Dias, 11 - Agronomia, Piracicaba - SP, 13418-900, thais.msoares@usp.br; [(2)] Mestrando; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP; [(3)] Professor Associado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP

## INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um macronutriente relativamente escasso nos ecossistemas terrestres e por isso, é frequentemente citado como limitante à produtividade agrícola (SULLIVAN et al., 2014). Mesmo quando o seu conteúdo total no solo é alto, apenas uma pequena fração encontra-se em formas biodisponíveis.

O manejo tradicional de fornecimento de P para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil é feito com o uso de fontes fosfatadas prontamente solúveis em água, como o superfosfato triplo (SFT), que promovem uma rápida elevação da concentração de P na solução do solo, favorecendo sua absorção pelas plantas. No entanto, também podem ser convertidas em formas insolúveis de P, resultando em decréscimo da disponibilidade do nutriente (CHIEN et al., 2011).

O baixo aproveitamento do P tem sido motivo de preocupação em relação à viabilidade econômica e ambiental do uso de fertilizantes altamente solúveis, cuja produção exige um processo industrial oneroso de beneficiamento de minérios fosfáticos com alto grau de pureza, materiais cada vez mais escassos no mundo.

Nesse contexto, fosfatos naturais reativos (FNR) e fontes orgânicas como a torta de filtro (TF), têm sido citadas como fontes promissoras de P para o cultivo da cana-de-açúcar. FNR de origem sedimentar possuem solubilidade intermediária entre as fontes totalmente solúveis e os fosfatos naturais e menor custo por massa equivalente (RENNER, 2008). Já a torta de filtro é um subproduto da indústria sucroalcooleira produzido em grande volume durante o processo de clarificação do caldo da cana-de-açúcar. Seu uso como fertilizante tem se expandido devido ao seu alto teor de matéria orgânica (MO) e macro e micronutrientes (DEE et al., 2003), e por dar destino ao resíduo e agregar valor ao processo industrial.

Aplicadas ao solo, tanto o FNR quanto a TF podem ter o seu conteúdo de P gradativamente disponibilizado através da solubilização de fosfatos de cálcio e da mineralização da matéria orgânica (KELLER et al., 2012), havendo maior sincronismo entre o período de maior disponibilidade de P no solo e o período de maior requisição pela planta. Além disso, na literatura são encontrados estudos indicando haver uma interação positiva entre o uso de resíduos orgânicos e fertilizantes minerais (GILBERT et al., 2008).

Assim, a hipótese desse trabalho é de que a associação da torta de filtro com fontes fosfatadas minerais altera a solubilização das mesmas. O objetivo principal foi avaliar a liberação do P proveniente da interação de torta de filtro com fertilizantes minerais na solução do solo ao longo do tempo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A associação da TF com os fertilizantes minerais foi testada em um experimento conduzido em casa de vegetação por 90 dias. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura franco arenosa (SANTOS et al., 2018), sendo cultivado com a variedade de cana-de-açúcar RB 966928, em vasos preenchidos com 6 kg de solo.

**Tratamentos:**

Os tratamentos foram distribuídos no esquema fatorial 2 x 3 (presença e ausência de TF e três fontes de P), em blocos ao acaso, com três repetições; sendo eles: I) Controle; II) TF; III) SFT; IV) SFT + TF; V) FNR e VI) FNR + TF.

Doses equivalentes a 10 t $ha^{-1}$ de TF e de 180 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ na forma de SFT e FNR foram aplicadas simulando o sulco de plantio, a 10 cm de profundidade a partir da superfície do solo. Nos tratamentos SFT + TF e FNR + TR, a quantidade de fertilizante mineral a ser aplicada foi calculada considerando-se o teor de P já adicionado pela TF.

A TF utilizada possuía 55% do P na forma orgânica e pouco disponível, a qual foi aplicada após secagem ao ar e peneiramento (< 2mm). O solo foi corrigido previamente para elevar a Saturação por Bases a 60%. Os teores de N, K, S, B, Zn, Cu, Mn e Mo foram corrigidos pela aplicação de solução nutritiva parcelada em duas aplicações, seguindo recomendação de Novais et al. (1991).

**Coleta e análise da solução do solo**

No momento da aplicação dos tratamentos, foi instalado em cada vaso um dispositivo de extração de solução de solo denominados *Rhizon*. O material é constituído de finas membranas porosas de Polietersulfona com diâmetro de poros entre 0,12-0,18 µm e 5 cm de comprimento, além de um tubo de fibra de vidro com 12 cm para a extração. Semanalmente, por um período de 90 dias, foi coleta a solução do solo por meio do acoplamento de agulhas inseridas em frascos com vácuo, conforme exemplificado na Figura 2.



**Figura 2.** Extração da solução do solo a partir do *Rhizon* e tubo à vácuo.

A concentração de P na solução do solo foi determinada por colorimetria (MURPHY; RILEY, 1962).

Os dados foram analisados estatisticamente por meio de procedimentos não paramétricos do programa SAS (Statistical Analysis System). Posteriormente, as diferenças entre os tratamentos foram avaliadas com o teste post-hoc de Tukey ($\alpha$ <0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com ausência de TF apresentaram menor liberação de P na solução do solo (Tabela 1 e Figura 1). A exceção a esse resultado foram os tratamentos com SFT, cuja combinação com TF não diferiu de seu uso isolado. Entretanto, a avaliação semanal da solução do solo revelou que o pico de liberação de P proveniente do SFT ocorreu aos sete dias após a aplicação dos fertilizantes, momento em que o uso do SFT isoladamente foi superior à sua combinação com TF (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por Estrada-Bonilla et al. (2020) e pode ser explicado pelo fato de o P presente na TF não estar em formas prontamente solúveis.

**Tabela 1.** Concentração de P acumulada na solução do solo, após 90 dias de aplicação dos fertilizantes, com e sem aplicação de torta de filtro.

| Tratamento | Com | Sem |
|---|---|---|
| | ---------- mg $L^{-1}$ ---------- | |
| Controle | 7,03 Ba | 0,03 Cb |
| SFT | 36,53 Aa | 34,79 Aa |
| FNR | 10,43 Ba | 0,04 Bb |

(1) Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha$ <0,05).

Assim como para os tratamentos com SFT, aos sete dias houve um pico de liberação de P no tratamento FNR + TF. A associação do FNR com o material orgânico manteve o P na solução do solo em níveis superiores ao tratamento com o uso de FNR isoladamente até os 35 dias de experimento, indicando efeito positivo da TF na solubilização do fertilizante mineral (Figura 1). Possivelmente, a MO solúvel adicionada ao solo pela TF liberou ácidos orgânicos - especialmente os de baixo peso molecular como ácido cítrico, oxálico e málico - que possuem a capacidade de complexar metais e aumentar a solubilidade e mobilidade do P por competirem pelos mesmos sítios de adsorção do solo (GROSSL; INSKEEP, 1991; VIOLANTE; PIGNA, 2002). O uso da TF também pode ter atuado na seleção de determinados grupos de

microrganismos capazes de produzirem fosfatases ácidas e alcalinas e de solubilizarem fosfatos de rocha (DEE et al., 2003; GONZÁLEZ et al., 2014).

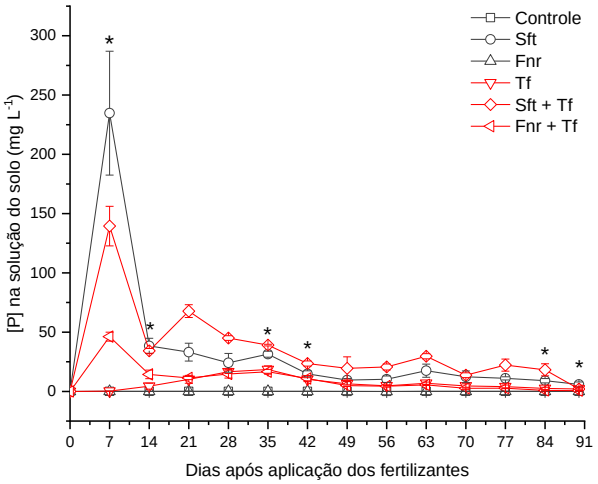



**Figura 1.** Concentração semanal de P na solução do solo durante o período de 90 dias. (*) indicam os dias em que houve interação significativa entre a presença e ausência de torta de filtro e a fonte de P.

A concentração de P na solução do solo não foi alterada pelo uso isolado de FNR. Em geral, a solubilidade dos FNRs é considerada intermediária entre o SFT e os fosfatos naturais não reativos. Assim, era esperado que houvesse solubilização gradual desse fertilizante, havendo maior uniformidade de manutenção da concentração de P na solução do solo, o que não foi observado. Também não houve qualquer efeito residual dessa fonte de P.

A maior disponibilização de P proveniente da TF ocorreu entre 28-35 dias após a sua aplicação. Ao longo de todo o experimento a fonte orgânica manteve os teores de P na solução do solo em níveis inferiores aos providos pelos tratamentos com SFT.

Os resíduos industriais têm sido vistos como aliados na busca por fontes de P mais sustentáveis dos pontos de vista ambiental e econômico, especialmente aqueles cuja produção é contínua e que estão disponíveis localmente (DAWSON; HILTON, 2011; FAUCON et al., 2015). A TF parece ser um desses potenciais materiais, uma vez que disponibilizou P na solução do solo em níveis semelhantes ao FNR + TF a partir dos 14 dias e manteve-se superior ao tratamento com FNR e controle em todo o período avaliado.

## CONCLUSÕES

A adição da torta de filtro na adubação fosfatada da cana-de-açúcar demonstrou efeito benéfico na solubilização do FNR e na uniformidade de liberação de P ao longo do ciclo da cultura.

Os resultados obtidos demonstram alto potencial de integração de TF e FNR na adubação fosfatada da cultura da cana-de-açúcar.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

## REFERÊNCIAS

Chien, SH, Gearhart, MM, Villagarcía, S. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. Soil Science, 2011, 176:327 – 335.

Dawson, CJ, Hilton, J. Fertiliser availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. Food Policy, 2011, 36: 14 - 22.

Dee, BM, Haynes, RJ, Graham, MH. Changes in soil acidity and the size and activity of the microbial biomass in response to the addition of sugar mill wastes. Biology and Fertility of Soils, 2003, 37:47-54.

Estrada-Bonilla, GA, Durrer, A. Cardoso, EJ. Use of compost and phosphate-solubilizing bacteria affect sugarcane mineral nutrition, phosphorus availability, and the soil bacterial community. Applied Soil Ecology, 2020, 103760.

Faucon, MP, Houben D, Reynoird, JP, Mercadal-Dulaurent, AM, Armand, R, Lambers, H. MAdvances and Perspectives to Improve the Phosphorus Availability in Cropping Systems for Agroecological Phosphorus Management. Advances in Agronomy, 2015, 134: 51-79.

Gilbert, N. The disappearing nutrient. Nature, New York, v. 461, n. 4, p. 716-718, 2008.

Grossl, PR, Inskeep, WP, Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. Soil Science Society of American Journal, 1991, 55:670–675.

González, LC, Prado, RM, Hernández, AR, Caione, G, Selva, EP. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2014, 44: 135-141.

Keller, M, Oberson, A, Annaheim, KE, Tamburini, F, Mader, P, Mayer, J, Frossard, E, Bunemann, EK, Phosphorus forms and enzymatic hydrolyzability of organic phosphorus in soils

after 30 years of organic and conventional farming. J. Plant Nutrition Soil Science, 2012, 175:385–393.

Murphy, J, Riley, JP. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, Oxford, 1962, 27:.31-36.

Novais, R.F, Neves, JCL, Barros, NF. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, AJ et al. (Coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, DF: EMBRAPA SEA, 1991. p. 189-253.

Renner, R. Fertilizer phosphate demands could corrode water safety. Environmental Science & Technology, Washington, 2008, 42:7030.

dos Santos, H.G, Jacomine, PKT, Dos Anjos, LHC, De Oliveira, VA, Lumbreras, JF, Coelho, MR, ... & Cunha, TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Sullivan, BS, Alvarez-Clare, S, Castle, SC, Porder, S, Reed, SC, Schreeg, L, Townsend, AR, Cleveland, CC. Assessing nutrient limitation in complex forested ecosystems: alternatives to large-scale fertilization experiments. Ecology, 2014, 95:668–68.

VIOLANTE, A, PIGNA, M. Competitive sorption of arsenate and phosphate on different clay minerals and soils. Soil Science Society of American Journal, 2002, 66: 1788–1796.

**Tabela 2.** Concentração de P na solução do solo nos dias em que não houve interação significativa entre os fatores presença e ausência de torta de filtro e a fonte de P.

| | | Dias após aplicação dos fertilizantes | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamento | | **21** | **28** | **49** | **56** | **63** | **70** | **77** |
| Torta de | Com | 29,74 A | 25,46 A | 10,27 A | 9,89 A | 14,01 A | 6,98 A | 9,64 A |
| filtro | Sem | 11,11 B | 8,07 B | 3,21 B | 3,43 B | 5,84 B | 4,12 B | 3,70 B |
| | Controle | 5,14 B | 8,33 B | 3,21 B | 2,34 B | 3,45 B | 2,33 B | 2,02 B |
| Fonte | SFT | 50,43 A | 34,58 A | 14,53 A | 15,44 A | 23,56 A | 12,99 A | 16,61 A |
| | FNR | 5,70 B | 7,38 B | 2,48 B | 2,20 B | 2,77 B | 1,33 B | 1,37 B |

(1) Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (α <0,05).

**Tabela 3.** Concentração de P na solução do solo nos dias em que houve interação significativa entre os fatores presença e ausência de torta de filtro e a fonte de P.

| | Dias após aplicação dos fertilizantes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **7** | | **14** | | **35** | |
| | Com | Sem | Com | Sem | Com | Sem |
| Controle | 0,21 Ca | 0,02 Cb | 4,45 Ba | 0,09 Bb | 18,46 Ba | 0,01 Bb |
| SFT | 139,46 Aa | 234,77 Ab | 34,21 Aa | 33,15 Aa | 39,07 Aa | 31,42 Aa |
| FNR | 46,20 Ba | 0,07 Bb | 14,34 Ba | 0,09 Bb | 16,58 Ba | 0,04 Bb |
| | **42** | | **84** | | **91** | |
| | Com | Sem | Com | Sem | Com | Sem |
| Controle | 10,24 Ba | 0,01 Bb | 2,55 Ba | 0,02 Bb | 2,06 Aa | 0,02 Bb |
| SFT | 23,52 Aa | 14,84 Aa | 18,21 Aa | 9,02 Aa | 2,06 Aa | 5,88 Aa |
| FNR | 10,84 Ba | 0,03 Ba | 0,81 Ba | 0,02 Bb | 0,69 Aa | 0,04 Ba |

(1) Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (α <0,05).

XIII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO
CONHECIMENTO APLICADO AO CAMPO E À CIDADE
26 e 27 de Novembro | 2020 | Porto Alegre | RS
EVENTO ONLINE

# VARIABILIDADE ESPACIAL DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NUMA CATENA DE SOLOS DO PAMPA

**Thaynan Hentz de Lima[(1)]; Júlio César Wincher Soares[(2)]; Lucas Nascimento brum[(3)]; Daniel Nunes Krum[(3)]; Thiago Floriano Cardoso[(3)] ; Higor Machado de Freitas[(3)]; Otávio Ladislau Garcia Medeiros[(4);] Layla Amália Prestes de Oliveira[(4)];**

[(1)]Estudante, Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000, Thaynanh.lima@hotmail.com; [(2)]Professor Dr. da Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago; [(3)]Agrônomo, Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago;[(4)]Estudante, Universidade Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago.

## INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um elemento pouco móvel, altamente requerido por solos com altos teores de argilas e de matéria orgânica (MO); principalmente, se o solo for bem desenvolvido, pois com o intemperismo ocorrem modificações nas suas cargas elétricas. Assim, passa a repelir bases e a reter mais ânions como íons fosfato. Quando alguma fonte solúvel de fósforo é aplicado num solo, mais de 90% é adsorvido na primeira hora de contato com o solo (GONÇALVES et al., 1985), posteriormente, vem uma fase lenta (BARROW,1974). O fósforo do solo pode ser dividido em dois grandes grupos, inorgânico (Pi) e orgânico (Po). A forma orgânica é oriunda de resíduos vegetais ou animais, essa forma de P não é assimilável pela planta, sendo necessário uma transformação para forma inorgânica através de microorganismos, essa transformação denomina-se mineralização, consiste no sequestro de fósforo disponível na solução do solo para aumentar a biomassa microbriana, com esse aumento, ocorre uma maior transformação do fósforo para forma inorgânica, tornando a mineralizaçãomaior que a imobilização (ROBERTO et al., 2007).

A forma inorgânica é assimilável pela planta, estando presente na solução do solo, principalmente, o $H_2PO_4^-$, presente em pH mais ácido e o $HPO_4^{2-}$, presente em pH mais básico (ROBERTO et al., 2007), este é chamado de P disponível, a forma inorgânica se manifesta de outras maneiras, como o fósforo ligado a Fe, Al e Ca. Em solos mais intemperizados e por sua vez distróficos (saturação por base menor que 50%) possui uma maior quantidade de P-Fe e P-Al, já em áreas menos intemperizadas e eutróficas (saturação por base igual ou maior que 50%), possui um predomínio de P-Ca sobre as outras formas.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a variabilidade espacial das frações do fósforo nos solos e as suas relações com a geomorfologia de uma catena do Pampa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, com coordenas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Câmpus de Santiago, RS. De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo demonstra feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 m. A área em estudo é formada por diferentes solos, numa ordem de desenvolvimento temos: Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Cambissolo Háplico e Argissolo vermelho, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação.

Foram avaliadas as frações do fósforo em 52 pontos de prospecção, numa malha com intervalos regulares de 15 x 15 m. Para a locação dos pontos foi utilizado um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélites), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), referenciado ao datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S. No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi extraído de um Modelo Digital de Elevação (MDE) o índice de umidade do terreno (IUT). A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de WILSON e GALLANT (2000) e DLUGOß (2011).

A obtenção dos atributos do terreno foi realizada conforme as descrições a seguir:

a) Elevação (m): Foi extraído diretamente do modelo digital de elevação (MDE);

b) Índice de umidade do terreno (adimensional).

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, posteriormente, submetidas a análise no laboratório. Para determinar o P disponível foi utilizado o extrator de Mehlich 1, proporção solo/solução 1:10.

O fósforo orgânico foi determinado por diferença entre o teor extraído com solução de $H_2SO_4$ 0,5 M da amostra de solo submetida a ação de temperatura de 550°C, durante uma hora e o teor extraído pela mesma solução de $H_2SO_4$ 0,5 M, mas de amostra do solo sem calcinar, seguindo o método de Catani e Bataglia (1968).

Já o fosforo total (Pt) foi quantificado por Fluorescência de Raio-X, a amostra foi bombardeada por um tubo de raios-X, o que fez com que os elementos presentes nas amostras emitissem radiação fluorescente, que passa por um cristal analisador onde é difratada e posteriormente identificada (WDS). Como cada elemento possui um conjunto característico de linhas no espectro dos raios-X fluorescentes, é possível identificar quais estão presentes e pela intensidade do pico, quantificar os elementos (FORMOSO et al.,1984). Parte do solo foi inserido em um porta amostra com um fundo imposto de polipropileno, posteriormente, essa amostra foi compactada e submetida a máquina de fluorescência, onde foi quantificado o Pt. O P ocluso foi determinado pela subtração do P disponível e do P orgânico do Pt.

A variabilidade dos dados do fracionamento foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística, o coeficiente de variação (CV) é classificada segundo Wilding e Drees (1983) como: baixa para CV≤15%; moderada para 15%<CV≤35%; e alta para CV>35%. Por se tratar de 52 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 99 % de significância.

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme CAMBARDELLA et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Posteriormente, foram gerados os mapas de fracionamento utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, que permitiu um maior detalhamento espacial do fenômeno estudado.

Por fim, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de PEARSON (p<0,05) entre os valores do fracionamento e os AT's. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme EVANS (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderada (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados das frações do fósforo e da matéria orgânica foi normal (p<0,01), conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva das frações do fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do pampa.

| F | C | Mín. | Máx. | Méd. | CV (%) | SIG |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pt | 52 | 439,9 | 1015,2 | 767,5 | 16,6 | 0,78 |
| Pd | 52 | 2,8 | 7,2 | 4,7 | 23,5 | 0,43 |
| Po | 52 | 134,8 | 762,3 | 383,4 | 46,7 | 0,44 |
| Poc | 52 | 76,5 | 818,2 | 379,4 | 45,5 | 0,72 |
| MO | 52 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 10,6 | 0,80 |

Legenda: F: formas. C: casos. Mín: mínimo. Máx: máximo. Méd: média. CV: coeficiente de variação. SIG: significância

Conforme a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Wilding e Drees (1983), o fósforo total e o disponível foram classificados como moderado, o orgânico e o ocluso alto, e a matéria orgânica baixa.

O fósforo total avaliado nesse trabalho teve a média inferior ao trabalho feito por Catani e Bataglia (1968) por conta de serem solos pouco desenvolvidos na sua maioria, contendo maior quantidade de Neossolos na catena, e ser agricultável à pouco tempo, tendo pouco estoque de fósforo ocasionado por adubação. Seguindo esse raciocínio, o fósforo orgânico foi menor que os autores supracitados estudando um Latossolo Vermelho. Na catena em estudo, a rotação de culturas é comum, sendo assim, ocorre uma maior diversidade de microrganismos no solo, que por sua vez, são responsáveis pela mineralização do fósforo orgânico do solo, ocasionando sua diminuição.

O fósforo ocluso avaliado teve média inferior se comparado ao trabalho de realizado no Latossolo Vermelho, por ser mais intemperizado, é mais rico em óxidos, em sua maioria de ferro e alumínio, onde o fósforo vai se reter mais do que em um Neossolo, que é pouco desenvolvido e por sua vez possui uma menor quantidade de óxidos em seu perfil.

Analisando os dados expostos, se pode inferir que a matéria orgânica apresenta uma correlação positiva com o fósforo orgânico **(TABELA 2).**

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson para as frações do fosforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do pampa.

| | | **P orgânico** | **MO** |
|---|---|---|---|
| Po | Pearson correlation | 1 | 0,3 |
| MO | Pearson correlation | 0,368** | 1 |

Legenda: Po: fósforo orgânico. MO: matéria orgânica

**Tabela 3.** Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das frações de fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

| F | Pt | Pd | Po | Poc | MO |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo | St | Cir | Es | Ex | Ex |
| Pepita | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 9012,10 | 0,00 |
| Patamar | 0,780 | 1,321 | 33118,74 | 22981,88 | 0,205 |
| Alcance | 28,840 | 27,50 | 27,50 | 28,84 | 28,84 |
| DE | Forte | Forte | Forte | Moderado | Forte |
| GDE(%) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 39,210 | 0,000 |

Legenda: F: formas. Pt: fósforo total. Pd: Fósforo disponível. Po: Fósforo orgânico. Poc: Fósforo ocluso. MO: Matéria orgânica. DE: Dependência Espacial. GDE: Grau de Dependência Espacial. St: Stable. Cir: Circular. Es: Esférico. Ex: Exponencial.

O efeito pepita indica a variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY 1986). O patamar é um parâmetro de grande importância, que conforme Cambardella et al. (1994), está relacionado com a determinação do alcance, ou seja, sendo o limite entre a dependência espacial e a independência espacial dos dados, assim, determina qual o método estatístico deve ser utilizado para a realização da análise dos dados, como também na definição da mínima distância entre os pontos amostrais. O alcance é um critério importante para estudos de geoestatística, que significa a distância máxima que a variável em estudo está correlacionada espacialmente (DAVIS, 1986), ou seja, maiores valores de alcance contribuem para uma maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ, 2006). Assim, pode-se afirmar que a malha amostral do presente estudo foi eficiente para a descrição das variáveis com exatidão e que, o erro experimental foi nulo para a maioria das variáveis estudadas, ou seja, a variância foi explicada em sua totalidade.

Os modelos digitais apresentados na Figura 1, exibem a variabilidade espacial das diferentes frações do fósforo e da matéria orgânica, o fósforo total contém maiores teores na porção central do terço médio e do terço inferior da encosta. Já o fósforo disponível se concentra em maior quantidade no terço superior, onde os solos são mais desenvolvidos e por sua vez, retém mais ânions, como fosfatos, que aparecerão na análise feita por Mehlich 1.

O fósforo orgânico é distribuído nas áreas com maiores quantidades de matéria orgânica, pois possuem uma correlação. Por fim, o fósforo ocluso se detém na parte média e superior da catena, pois nessas áreas o solo é mais desenvolvido, consequentemente possui uma maior quantidade de óxidos que tornarão esse fósforo ocluso (FIGURA 1).

**Figura 1.** Mapas da distribuição espacial das frações do fósforo e matéria orgânica.

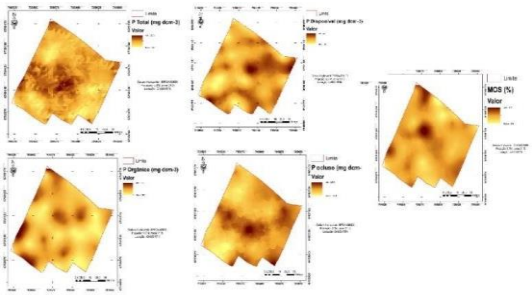


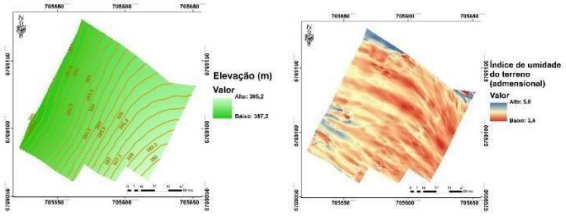
**Tabela 4.** Coeficientes de correlação de Pearson para as frações do fósforo e da matéria orgânica dos solos de uma catena do Pampa.

| | Pt | Pd | Po | Poc | MO | MDE | IUT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pt | 1 | -0,023 | 0,408* | 0,315* | 0,286* | -0,065 | 0,152 |
| Pd | -0,023 | 1 | 0,206 | -0,237 | 0,048 | 0,247 | -0,158 |
| Po | 0,408* | 0,206 | 1 | -0,738* | 0,368* | 0,356* | 0,350* |
| Poc | 0,315* | -0,237 | -0,738* | 1 | -0,171 | 0,320* | -0,251 |
| MO | 0,286* | 0,048 | 0,368* | 0,171 | 1 | -0,122 | -0,077 |
| Dem | -0,065 | 0,247 | -0,356* | 0,320* | -0,122 | 1 | -0,411* |
| IUT | 0,152 | -0,158 | 0,350* | -0,251 | -0,077 | -0,414 | 1 |

Legenda: Pt: fósforo total. Pd: Fósforo disponível. Po: Fósforo orgânico. Poc: Fósforo ocluso. MDE: Modelo digital de elevação. IUT: Índice de umidade do terreno.

Conforme a Tabela 4, quanto maior o índice de umidade do relevo, maior é a quantidade de matéria orgânica.

**Figura 2.** Mapas da distribuição espacial dos atributos de terreno de uma catena de solos do Pampa.




## CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal das frações do fósforo numa catena de solos do Pampa. E essa variabilidade está relacionada com as variações geomorfológicas e pedológicas da catena.

O fósforo orgânico apresentou uma correlação positiva com a matéria orgânica.

A intensidade amostral foi de suma importância para o resultado acurado na predição das variáveis.

## REFERÊNCIAS

BARROW, N.J. Effect of previous additions of phophate adsorption by soil. Soil Sci., 118: 82-89, 1974.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.;
KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CATANI, R.A.; BATAGLIA, O.C. Formas de ocorrência de fósforo no solo Latossólico Roxo. Anais da ESALQ, v.25, p.99-119, 1968.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M .G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 374-387, 2006.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. 2 ed. New York: Jonh Wiley, 1986. 646p.

DLUGOß, V.; FIENER, P.; VAN OOST, K.; SCHNEIDER, K. Model based analysis of lateral and vertical soil carbon fluxes induced by soil redistribution processes in a small agricultural catchment. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 37, p. 193–208, 2012.

ESRI. ENVIROMENMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE**. Using ArcGIS geoestatistical analyst**. Redlands, 2016.

FORMOSO, M.L.L et al. (1984**) Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas À Geologia**. São Paulo, Secretaria do Estado da Industria e do Comércio, Ciência e Tecnologia.

GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F & RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos do cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 9:107-111, 1985.

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, p. 617-639, 1986.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre**: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46p.

NOVAIS, R.F., SMYTH T.J., NUNES F.N., **FERTILIDADE DO SOLO**, VIÇOSA – MINAS GERAIS: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007.p.476.

NOVAIS, R.F., SMYTH T.J., NUNES F.N., **FERTILIDADE DO SOLO**, VIÇOSA – MINAS GERAIS: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007.p.487.

WILDING, L.P.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. (Eds.)
**Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. p.83-116.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). Terrain analysis: principles and applications. New York: Wiley & Sons, 2000. 27p.

EVANS, J. D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences.** Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publishing; 1996.

