

Solos nos Biomas Brasileiros

3

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

Solos nos Biomas Brasileiros 3

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S689 Solos nos biomas brasileiros 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-010-0

DOI 10.22533/at.ed.100181412

1. Agricultura – Sustentabilidade. 2. Ciências agrárias. 3. Solos – Conservação. 4. Tecnologia. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume III, apresenta, em seus 17 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências do solo, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE NÍVEL MÉDIO DA CIDADE DE NATAL/RN	
<i>Daniel Nunes da Silva Júnior</i>	
<i>João Daniel de Lima Simeão</i>	
<i>Martiliana Mayani Freire</i>	
<i>Éric George Morais</i>	
<i>Anna Yanka de Oliveira Santos</i>	
<i>Sandja Celly Leonês Fonsêca</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814121	
CAPÍTULO 2	12
POTENCIAL AGRONÔMICO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Rafael Gomes da Mota Gonçalves</i>	
<i>Dérique Biassi</i>	
<i>Danielle Perez Palermo</i>	
<i>Juliano Bahiense Stafanato</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814122	
CAPÍTULO 3	19
PRODUTIVIDADE DE COLMOS E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA	
<i>Diego Moura de Andrade Oliveira</i>	
<i>Renato Lemos dos Santos</i>	
<i>Victor Hugo de Farias Guedes</i>	
<i>José de Arruda Barbosa</i>	
<i>Maria José Alves de Moura</i>	
<i>Nayara Rose da Conceição Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814123	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO	
<i>Lidiane Martins da Costa</i>	
<i>Marta Sandra Drescher</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814124	
CAPÍTULO 5	37
QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO EM SOLOS DO CERRADO DO ESTADO DO AMAPÁ	
<i>Evelly Amanda Bernardo de Sousa</i>	
<i>Iolanda Maria Soares Reis</i>	
<i>Nagib Jorge Melém Júnior</i>	
<i>Ivanildo Amorim de Oliveira</i>	
<i>Laércio Santos Silva</i>	
<i>Ludmila de Freitas</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814125	

CAPÍTULO 6 46

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO, ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES ECOSISTEMAS DO ESTADO DO AMAPÁ

Evelly Amanda Bernardo de Sousa
Iolanda Maria Soares Reis
Nagib Jorge Melém Júnior
Laércio Santos Silva
Ivanildo Amorim de Oliveira
Ludmila de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.1001814126

CAPÍTULO 7 57

REORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DE UM ARGISSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Leonardo Pereira Fortes
Marcelo Raul Schmidt
Tiago Stumpf da Silva
Michael Mazurana
Renato Levien

DOI 10.22533/at.ed.1001814127

CAPÍTULO 8 67

RESPOSTA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GIRASSOL NO INÍCIO DO ESTÁDIO VEGETATIVO

Samara Ketely Almeida de Sousa
Maria Nusiene Araújo de Lima
Karolainy Souza Gomes
Wendel Kaian Oliveira Moreira
Krishna de Nazaré Santos de Oliveira
Raimundo Thiago Lima da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814128

CAPÍTULO 9 79

RESPOSTA DE PLANTAS DE RÚCULA A DOSES CRESCENTES DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

Martiliana Mayani Freire
Gleyse Lopes Fernandes de Souza
Éric George Moraes
Ellen Rachel Evaristo de Moraes
Gabriel Felipe Rodrigues Bezerra
Gualter Guenther Costa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814129

CAPÍTULO 10 89

RETORNO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (CATINGUEIRA)

José Augusto da Silva Santana
Luan Henrique Barbosa de Araújo
José Augusto da Silva Santana Júnior
Camila Costa da Nóbrega
Juliana Lorensi do Canto
Claudius Monte de Sena

DOI 10.22533/at.ed.10018141210

CAPÍTULO 11 99

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ-PA

Silvio Angelo Rabelo
Josué Souza Passos
Nicolau Akio Kubota
Stephanie Regina Costa Almeida
Daiane da Costa Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.10018141211

CAPÍTULO 12 107

VARIABILIDADE E CORRELAÇÃO ESPACIAL DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, NUMA CATENA DO PAMPA GAÚCHO

Jéssica Santi Boff
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Daniel Nunes Krum
Pedro Maurício Santos dos Santos
Higor Machado de Freitas
Lucas Nascimento Brum

DOI 10.22533/at.ed.10018141212

CAPÍTULO 13 117

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO pH SMP EM NEOSSOLOS COM CULTIVO DA SOJA

Guilherme Guerin Munareto
Claiton Ruviano

DOI 10.22533/at.ed.10018141213

CAPÍTULO 14 127

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PROFUNDIDADE DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.10018141214

CAPÍTULO 15 138

VARIABILIDADE ESPACIAL DO FÓSFORO, POTÁSSIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS, SOB CAMPO NATIVO E SUAS RELAÇÕES ESPACIAIS COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Gabriel Rebelato Machado

DOI 10.22533/at.ed.10018141215

CAPÍTULO 16 149

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO PH SMP DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL.

Lucas Nascimento Brum

Guilherme Favero Rosado

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Jéssica Santi Boff

Higor Machado de Freitas

Pedro Maurício Santos dos Santos

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.10018141216

CAPÍTULO 17 160

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Matheus Ribeiro Gorski

DOI 10.22533/at.ed.10018141217

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 172

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PROFUNDIDADE DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de

Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

RESUMO: O Bioma Pampa, com o passar dos anos, vem sofrendo exploração de forma intensiva, sendo ocupado por florestas e lavouras comerciais. A profundidade do solo (PS) é uma característica importante e está diretamente ligada aos seus fatores de formação, dentre eles, destaca-se o relevo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da profundidade de Neossolos e suas relações com os atributos do terreno, numa catena do Pampa. O estudo foi realizado numa catena de Neossolos, sob campo nativo, com 1,17 ha da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Para a determinação da PS foi utilizado um trado holandês, as prospecções foram realizadas do horizonte A até o topo do horizonte C ou Cr. No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução espacial; posteriormente, partindo do MDE, foram extraídos os diferentes atributos do terreno: elevação, declividade, curvatura no plano, curvatura no perfil, fator LS e índice de umidade do terreno. Também foi gerado um

modelo digital da distribuição espacial da profundidade do solo, utilizando o algoritmo de krigagem ordinária. A profundidade do solo ajustou-se ao modelo gaussiano, com dependência espacial forte. Foram observadas relações espaciais entre os atributos do terreno e a profundidade do solo. Foi possível estabelecer padrões de distribuição espacial da profundidade do solo, baseando-se nas feições do relevo. Por fim, a densidade amostral foi de grande importância para a definição da profundidade do solo com exatidão.

PALAVRAS-CHAVE: Gênese do solo, vegetação nativa, geomorfologia, pedometria.

ABSTRACT: The Pampa Biome, over the years, has been intensively exploited, being occupied by forests and commercial crops. Soil depth (SD) is an important feature and is directly related to its formation factors, among them the relief. The present work had as objective to evaluate the spatial variability of the depth of Neosolos and its relation with the attributes of the terrain, in a catenary of the Pampa. The study was carried out in a Neosolos catenary, under a native field, with 1.17 ha of the Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. For the determination of SD, a Dutch survey was used, the surveys were carried out from horizon A to the top of the C or Cr horizon. In the Geographic Information System (GIS) a Digital Elevation Model (DEM) was generated, with 0.5 m spatial resolution; Afterwards, from the DEM, the different attributes of the terrain were extracted: elevation, slope, curvature in the plane, profile curvature, LS factor and soil moisture index. A digital model of spatial distribution of soil depth was also generated using the ordinary kriging algorithm. The depth of the soil was adjusted to the Gaussian model, with strong spatial dependence. Spatial relationships between soil attributes and soil depth were observed. It was possible to establish patterns of spatial distribution of soil depth, based on relief features. Finally, the sample density was of great importance for the definition of soil depth with accuracy.

KEY WORDS: Soil genesis, native vegetation, geomorphology, pedometry.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa, com o passar dos anos, vem sendo explorado de forma intensiva, sendo ocupado por florestas e lavouras comerciais, sendo de grande importância econômica para as regiões abrangidas pelo mesmo. Uma das classes de solo frequentemente encontrada neste bioma é a de Neossolos, os quais apresentam uma fragilidade natural e necessitam de cuidados quando utilizados para a produção agropecuária (RIBASKY et al, 2005).

Pouco se sabe da influência do relevo nas características dos solos do Bioma Pampa, principalmente sobre os Neossolos, os quais são pouco desenvolvidos com origem em rochas diversas. Os Neossolos Litólicos são constituídos de horizontes A ou O, acima do horizonte C ou Cr ou sobre material constituído de fragmentos de rochas com diâmetro > 2 mm, com contato lítico numa profundidade de até 50 cm da

superfície. Já os Neossolos Regolíticos têm seu horizonte A sobre o horizonte C ou Cr, com a rocha já em estado avançado de intemperismo e o contato com a rocha superior a 50 cm, admitindo o horizonte Bi menor que 10 cm de espessura. Neossolos Litólicos e Regolíticos originados do basalto e andesito, possuem um maior teor de argila, apresentando maior fertilidade química e capacidade de acumular carbono orgânico, promovendo um melhor crescimento e desenvolvimento vegetal (EMBRAPA, 2013). Pedron et al. (2009), ressalta que Neossolos destacam-se por apresentar alta fertilidade natural, porém, devido a sua estrutura pouco desenvolvida devem ser classificados com baixo potencial de uso.

A profundidade do solo (PS) é uma característica importante para o estudo dos solos, estando diretamente ligada aos seus fatores de formação (JENNY, 1941; HOOVER; HURSH, 1943; SUMMERFIELD, 1997), principalmente o relevo (CHAPLOT et al., 1998; FLORINSKY; KURYAKOVA, 1998; MCKENZIE; RYAN, 1999; GESSLER et al, 2000; LAGACHERIE; VOLTZ, 2000), o qual condiciona o seu desenvolvimento de forma lenta, porém, gradativa.

No mapeamento digital de solos, para a predição da distribuição espacial das classes taxonômicas, são amplamente utilizados os atributos do terreno (AT). Estes atributos são extraídos de modelos digitais de elevação (MDE) e de acordo com a ordem de processamento, são classificados como primários e secundários. Conforme Wilson e Gallant (2000), a elevação (ELEV), a declividade (DECLV), a curvatura no perfil (CPERF) e a curvatura no plano (CPLAN) são atributos primários. Os atributos secundários são calculados partindo de dois ou mais atributos primários e a sua importância está atrelada a aptidão de identificar padrões espaciais (SOARES, 2015). Conforme Moore et al (1991), estes AT também são utilizados em estudos de erosão, transporte de sedimentos e geomorfologia.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da profundidade de Neossolos e as suas relações com os atributos do terreno, numa catena do Pampa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, com coordenadas 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), Campus 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 metros. A área em estudo é formada por polipedons de

Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação.

Foi avaliada a profundidade do solo (PS) em 52 pontos de prospecção, numa malha com intervalos regulares de 15 x 15 m (FIGURA 1). Para a determinação da PS foi utilizado um trado holandês, tipo TF 3", com caçamba de 0,2 m, tendo 1,4 m de profundidade de trabalho. As prospecções foram realizadas do horizonte A até o topo do horizonte C ou Cr.

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 no datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

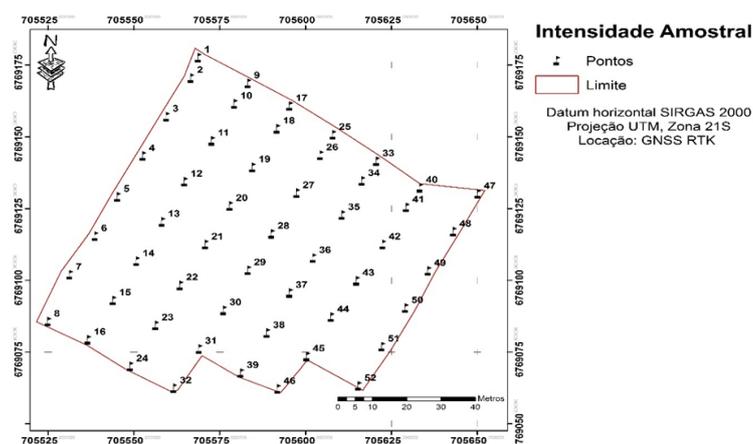


Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecção em polipédons de Neossolos, numa catena do Pampa.

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram extraídos de um Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução os atributos do terreno: elevação (MDE), declividade (DECLIV), curvatura no plano (CPLAN), curvatura no perfil (CPERF), fator topográfico (LS) e o índice de umidade do terreno (IUT). A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Moore et al. (1993), Wilson e Gallant (2000), e Dlugob (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. Declividade ($^{\circ}$): A derivação da superfície resultou num vetor com a componente declividade;
- c. Curvatura no Perfil (m^{-1}): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada da declividade;
- d. Curvatura no Plano (m^{-1}): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada do aspecto;
- e. Fator LS (adimensional): Atributo análogo ao fator topográfico da Equação

Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE);

f. Índice de umidade do terreno (adimensional).

A variabilidade dos dados de PS foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado de acordo com Warrick e Nielsen (1980), que consideram variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% < CV < 60\%$); e alta ($CV > 60\%$). Por se tratar de 52 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 99 % de significância.

A análise da dependência espacial foi realizada através da geoestatística, com ajuste de semivariograma teórico considerando a Média dos Erros Preditos (M), a Média dos Erros Padronizada (MS), a Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), a Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e a Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Assim, modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que valores de M e MS estejam próximos a zero, e os valores de RMS, ASE e RMSS devem estar próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance, no software ArcGIS® 10.5.1.

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, foi gerado mapa o mapa de PS utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, que permitiu um maior detalhamento espacial do fenômeno estudado.

Do plano digital de PS, com altíssima resolução espacial (0,5 metros), foram extraídos 640 casos estatísticos por meio da seguinte rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Ferramentas de extração → Extrair múltiplos valores por ponto.

Por fim, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre os valores de PS e dos 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).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados da PS foi normal, ao nível de significância de 99%. A análise estatística descritiva indica que os valores da PS possuem média de 0,33 m, variando entre 0,05 e 1,10 m

(TABELA 1).

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)
PS (m)	640	0,05	110	0,33	0,26237	79,50

Tabela 1 - Análise estatística descritiva da profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

PS = Profundidade do solo. CV = Coeficiente de variação.

Conforme a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen (1980), a PS apresentou alta dispersão, com valor de 79,50% (TABELA 1).

A análise geoestatística demonstra que a PS apresentou efeito pepita de 0,000042, com patamar de 0,041584 e um alcance de 17,45 m (TABELA 2). O efeito pepita indica a variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY 1986). Essa variável pode ser expressa em porcentagem em relação ao patamar, com a finalidade de facilitar a comparação entre o GDE e as variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise do efeito pepita é de grande importância, pois, quanto menor for o seu valor, maior será a continuidade do fenômeno e menor será a variância da estimativa (ISAAKS, 1989). Assim, o valor encontrado no presente estudo indica que, o erro foi praticamente nulo para a PS, e também, que a variável apresenta elevada continuidade espacial. Outro parâmetro de grande importância para a geoestatística é o patamar, 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, torna-se um elemento importante para o delineamento e avaliação experimental, contribuindo para a definição dos procedimentos amostrais (SOUZA et al., 2008). Portanto, o valor mensurado neste trabalho indica que a PS apresenta elevada variação na área de estudo e que a grade amostral foi suficiente para sua descrição com exatidão (TABELA 2).

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Efeito Pepita	Dependência	GDE (%)
PS	Gaussiano	17,45	0,041584	0,000042	0,10	Forte
	M	RMS	MS	RMSS	ASE	
PS	-0,004569	0,202188	-0,013524	1,001245	0,198869	

Tabela 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para a profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

Prop.: Propriedade. PS: Profundidade do solo. DEP: Dependência. GDE: Grau de dependência espacial. M: Média dos Erros Preditos. RMS: Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado. MS: Média dos Erros Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado. ASE: Média da Variância dos Erros Padronizados.

Conforme a avaliação dos erros de predição, o modelo que melhor se ajustou aos dados da PS foi o gaussiano (TABELA 2). Os parâmetros geoestatísticos extraídos deste modelo indicam que o GDE é classificado como forte, de acordo Cambardella et al. (1994). Penížek e Borůvka (2006) estudando uma paisagem da Republica Tcheca observaram o ajuste dos dados da PS ao modelo exponencial, também com GDE forte. Logo, pode-se inferir que, a PS é influenciada por propriedades intrínsecas ao seu desenvolvimento, o critério de dependência foi observado por Tragsmar et al. (1985) e Cambardella et al. (1994).

Para analisar a relação entre a PS e os AT, realizou-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$). Desta maneira, observou-se que a PS possui correlação positiva com a ELEV, a CPERF e a CPLAN e correlação negativa com o Fator LS e a DECLIV. A PS obteve correlação muito fraca com a CPERF e com a CPLAN e moderada com a ELEV. Por fim, a PS apresentou forte correlação com a DECLIV e o Fator LS (TABELA 3).

Prop.	PS	CPERF	ELEV	CPLAN	Fator LS	DECLIV	IUT
PS	1	0,100**	0,430**	0,107**	-0,670**	-0,668**	-0,080

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson para a profundidade de NEOSSOLOS, numa catena do Pampa.

Prop.: Propriedade. PS: Profundidade do solo. CPERF: Curvatura no perfil. ELEV: Elevação. CPLAN: Curvatura no plano. DECLIV: Declividade. IUT: Índice de umidade do terreno.

Observando o mapa de distribuição espacial da PS (FIGURA 2), têm-se no sentido leste e noroeste os maiores valores, devido ao fato, basicamente, de apresentarem os valores mais discrepantes de ELEV. Numa porção de terras com o relevo mais plano, no sentido leste e numa área de depósito no sentido noroeste os solos são mais profundos. Isso pode ser explicado analisando o mapa de IUT (FIGURA 3).

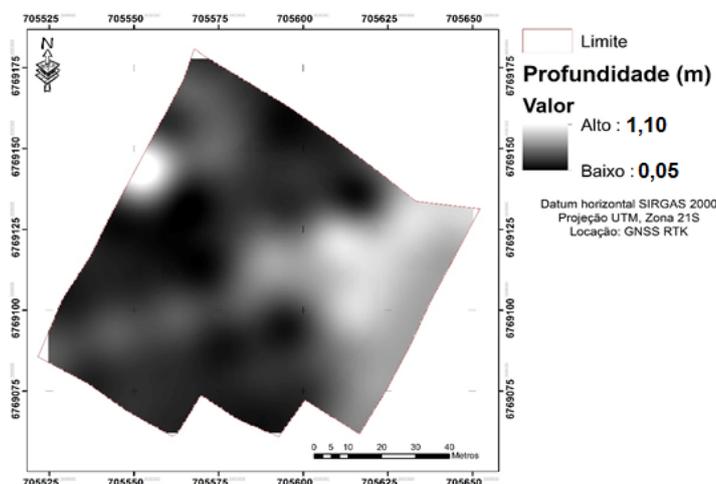


Figura 2 - Mapa da distribuição espacial da profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

Conforme a figura 3, os AT possuem elevada variabilidade espacial dentro da área

de estudo, o que demonstra a sua vocação para estabelecer padrões de distribuição espacial da PS.

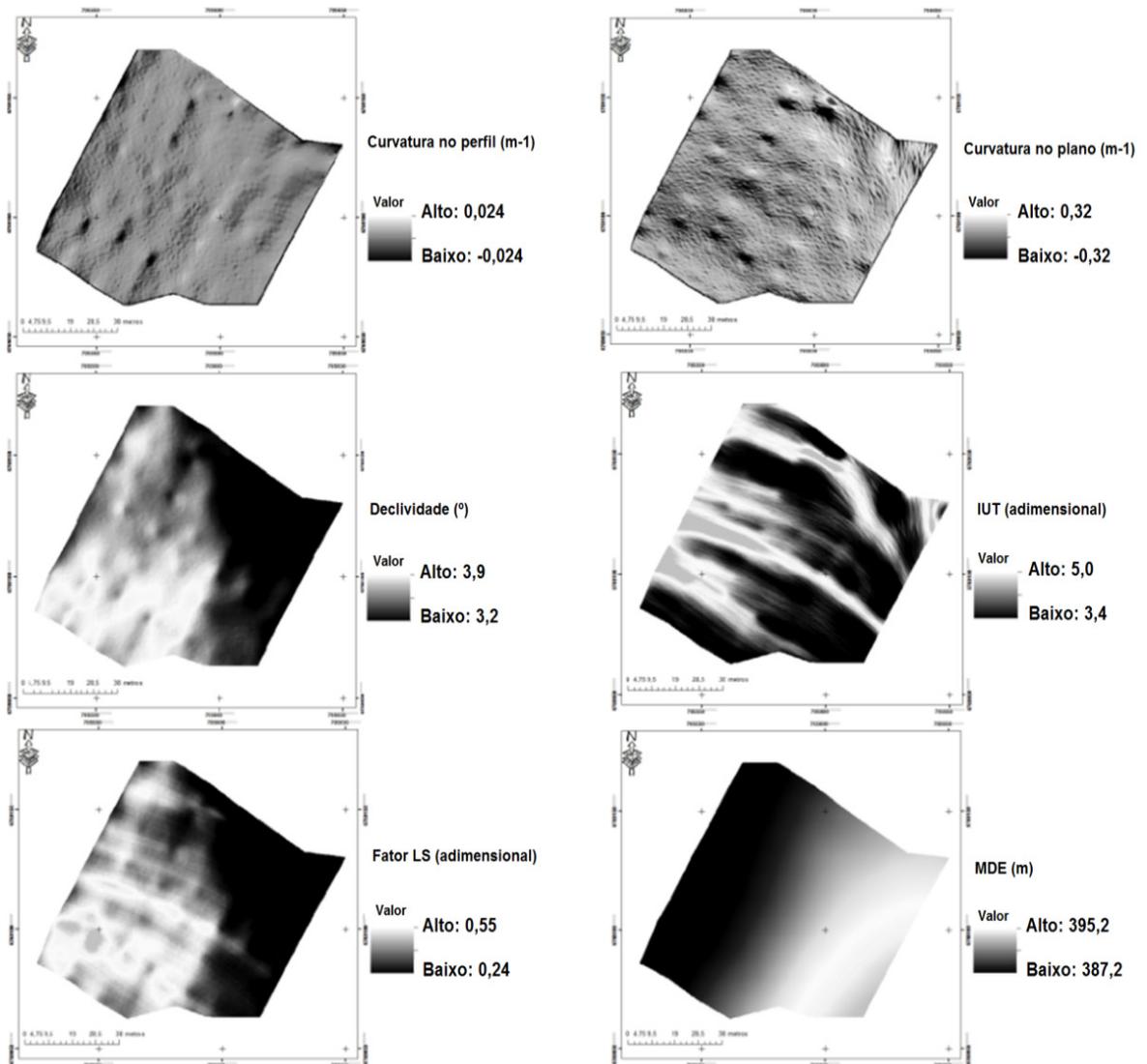


Figura 3 - Mapas da distribuição espacial dos atributos do terreno de Neossolos, numa catena do Pampa.

Em trabalhos realizados por Heimsath et al. (1997), Heimsath et al (1999), Dietrich et al. (1995) e Saco et al. (2006) foi observado uma diminuição exponencial da PS com a variação dos valores de ELEV e com o aumento do Fator LS e da DECLIV. Ou seja, porções de terras com elevada amplitude altimétrica são propensas as maiores perdas de solos acentuadas, e por isso possuem os menores valores de PS.

No terço médio da catena (sentido sudoeste para nordeste) ocorre a maior variação dos valores de CPERF e CPLAN e pequenos valores da PS, isso pode estar atrelado à feição do relevo e as taxas de erosão neste terço. Heimsath et al. (1999) observaram em áreas com geomorfologia semelhante que ocorre uma relação inversa entre a PS e as perdas de solo.

4 | CONCLUSÕES

- A profundidade do solo ajustou-se ao modelo gaussiano, com dependência espacial forte.
- Foram observadas relações espaciais entre os atributos do terreno e a profundidade do solo, sendo possível estabelecer padrões de distribuição espacial da profundidade do solo baseado nas feições do relevo.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição da profundidade do solo com exatidão.

REFERENCIAS

CHAPLOT, V.; WALTER, C. & CURMI, P. **Modeling soil spatial distribution: sensitivity to DEM resolutions and pedological data availability**. In: WORLD CONGRESS O² SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier, France. Proceedings ...Montpellier: IUSS, 1998.

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.

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: John Wiley, 1986. 646p.

DIETRICH, W.E., REISS, R., HSU, M., MONTGOMERY, D.R. A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. **Hydrological Processes**, v. 9, p. 383–400, 1995.

DLUGOß, V.; FIENER, P., VAN OOST., et al. 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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013, p. 353.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.

EVANS, J.D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publishing; 1996.

FLORINSKY, I.; KURYAKOVA, G. **Determination of grid size for digital terrain models in soil investigations**. In: World Congress of Soil Science, 16., 1998, Montpellier, France. Proceedings... Montpellier: IUSS, 1998.

GESSLER, P.; CHADWICK, O.; CHAMRAN F.; ALTHOUSE, L.; HOLMES, K. Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 64, p. 2026–2057, 2000.

- HEIMSATH, A.M.; DIETRICH, W.E.; NISHIIZUMI, K.; FINKEL, R.C. The soil production function and landscape equilibrium. **Nature**, v. 388, p. 358–361, 1997.
- HEIMSATH, A.M.; DIETRICH, W.E.; NISHIIZUMI, K.; AND FINKEL, R.C. Cosmogenic nuclides, topography, and the spatial variation of soil depth: **Geomorphology**, v. 27, p. 151–172, 1999.
- HEIMSATH, A.M.; CHAPPELL, J.; SPOONER, N.A.; QUESTIAUX, D.G. Creeping soil. **Geology**, v.30, p. 111–114, 2002.
- HOOVER, M. D.; C. R. HURSH. **Influence of topography and soil depth on runoff from forest land**, **Eos Trans. AGU**, v. 24, n. 6, 1943.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561p.
- JENNY, H. **Factors of soil formation; a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941, p. 281.
- LAGACHERIE, P.; VOLTZ, M. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. **Geoderma**, v.97, p. 187-208, 2000.
- MOORE, I.D.; GESSLER, P.E.; NIELSEN, G.A., et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 443-452, 1993.
- MOORE, I.D.; GRAYSON, R.; LADSON, A. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46p.
- 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.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. 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.
- PEDRON F.A.; AZEVEDO A.C.; DALMOLIN, R.S.D.; STÜRMER, S.L.K.; MENEZES, F.P. Morfologia e classificação taxonômica de neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação serra geral no rio grande no sul. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.33, n.1, p.119-128, 2009.
- PENÍŽEK V.; BORŮVKA L. Soil depth prediction supported by primary terrain attributes: a comparison of methods. **Plant Soil Environ**. v.52, n.9, p. 424–430, 2006.
- RIBASKI, J.; DEDECEK, R.A.; MATTEI, V.L.; FLORES, C.A.; VARGAS, A.F.C.; RIBASKI, S.A.G. **Sistemas silvipastoris: estratégias para o desenvolvimento rural sustentável para a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 8p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 150).
- SACO, P.M., WILLGOOSE, G.R., HANCOCK, G.R. Spatial organization of soil depths using a landform evolution model. **Journal of Geophysical Research**, v.111, 2006.
- SOARES, J. C. W. Atributos do terreno na diferenciação e no mapeamento digital de solos. 2015. 96p. **Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SOUZA, G. S.; LIMA, J.S. de S.; SILVA, S. de A., et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolosob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.589-596, 2008.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. Longman, New York, 1997, p. 537.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, 38:45-93, 1985.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., (Ed). **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000. p. 1-27.

SOBRE OS ORGANIZADORES

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-010-0

