

Solos nos Biomas Brasileiros

2

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

A close-up photograph of a hand holding a single seed between the thumb and index finger. The hand is positioned above a mound of dark, rich soil. Several other seeds are scattered on the soil surface. In the background, several small green seedlings with purple stems are growing out of the soil. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural, outdoor setting. The overall image conveys a sense of care, cultivation, and the beginning of a new cycle.

Atena
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

Solos nos Biomas Brasileiros 2

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 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-009-4

DOI 10.22533/at.ed.094181412

1. Agricultura – Sustentabilidade. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Reaproveitamento. 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 II, 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
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO EM FUNÇÃO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO	
<i>Fernanda Paula Sousa Fernandes</i>	
<i>Layse Barreto de Almeida</i>	
<i>Debora Oliveira Gomes</i>	
<i>Aline Noronha Costa</i>	
<i>Michel Keisuke Sato</i>	
<i>Augusto José Silva Pedroso</i>	
<i>Cleidiane Alves Rodrigues</i>	
<i>Herdjania Veras de Lima</i>	
<i>Daynara Costa Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0941814121	
CAPÍTULO 2	8
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS RAÍZES DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA	
<i>Mary Anne Barbosa de Carvalho</i>	
<i>Helton de Souza Silva</i>	
<i>Adailson Pereira de Souza</i>	
<i>João Marques Pereira Neto</i>	
<i>Ewerton da Silva Barbosa</i>	
<i>Caique Palacio Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0941814122	
CAPÍTULO 3	17
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS RAÍZES DO MILHO SUBMETIDO A ADUBAÇÃO MINERAL EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Helton de Souza Silva</i>	
<i>Mary Anne Barbosa de Carvalho</i>	
<i>Adailson Pereira de Souza</i>	
<i>Ewerton da Silva Barbosa</i>	
<i>João Marques Pereira Neto</i>	
<i>Caique Palacio Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0941814123	
CAPÍTULO 4	28
DOSES E SISTEMA DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ.	
<i>Danilo Marcelo Aires dos Santos</i>	
<i>Enes Furlani Junior</i>	
<i>Michele Ribeiro Ramos</i>	
<i>Alexandre Marques da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0941814124	
CAPÍTULO 5	37
EFEITO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS	
<i>Aline Noronha Costa</i>	
<i>Cleidiane Alves Rodrigues</i>	
<i>Débora Oliveira Gomes</i>	
<i>Layse Barreto de Almeida</i>	
<i>Daynara Costa Vieira</i>	

Michel Keisuke Sato
Fernanda Paula Sousa Fernandes
Augusto José Silva Pedroso
Herdjania Veras de Lima

DOI 10.22533/at.ed.0941814125

CAPÍTULO 6 43

EFEITO RESIDUAL DE PASTAGENS NO FATOR COBERTURA E MANEJO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

Marcelo Raul Schmidt
Elemar Antonino Cassol
Tiago Stumpf da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0941814126

CAPÍTULO 7 57

ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE BORO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO EM VÁRZEAS

Rodrigo Ribeiro Fidelis
Karen Cristina Leite Silva
Ricardo de Oliveira Rocha
Patrícia Sumara Moreira Fernandes
Lucas Xaubet Burin
Lucas Silva Tosta
Natan Angelo Seraglio
Geovane Macedo Soares

DOI 10.22533/at.ed.0941814127

CAPÍTULO 8 66

EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE ANAPURUS-MA ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2015

Késia Rodrigues Silva Vieira
Yasmin Sampaio Muniz
Erik George Santos Vieira
Marlen Barros e Silva
João Firminiano da Conceição Filho
Deysiele Viana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.0941814128

CAPÍTULO 9 81

FERTILIDADE DE SOLOS COM A PRESENÇA DA ESPÉCIE *Bambusa vulgaris*: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL NA REABILITAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS

Maria Elisa Ferreira de Queiroz
Aleksandra Gomes Jácome
Jéssica Lanne Oliveira Coelho
Jheny Borges da Conceição

DOI 10.22533/at.ed.0941814129

CAPÍTULO 10 86

FRAGILIDADES E POTENCIALIDADES DOS SOLOS DE UMA FAZENDA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PALMAS/TO

Michele Ribeiro Ramos
Lucas Felipe Araújo Lima
João Vitor de Medeiros Guizzo
Danilo Marcelo Aires dos Santos
Alexandre Uhlmann

DOI 10.22533/at.ed.09418141210

CAPÍTULO 11 101

GEOESTATÍSTICA APLICADA AO MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA EM PASTAGEM COM *Cynodon spp.*

Crissogno Mesquita dos Santos
Francisca Laila Santos Teixeira
Tiago de Souza Santiago
Daniel Vitor Mesquita da Costa
Kessy Jhonnes Soares da Silva
Nayra Beatriz de Souza Rodrigues
André Luís Macedo Vieira
Ângelo Augusto Ebling
Daiane de Cinque Mariano
Ricardo Shigueru Okumura

DOI 10.22533/at.ed.09418141211

CAPÍTULO 12 115

INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB DIFERENTES USOS DOS SOLOS.

Daniel Alves de Souza Panta
Michele Ribeiro Ramos

DOI 10.22533/at.ed.09418141212

CAPÍTULO 13 125

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE TERMOFOSFATOS EM SOLOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES INICIAIS DE FÓSFORO

Juliana de Lima Moretto
Leonardo Theodoro Büll

DOI 10.22533/at.ed.09418141213

CAPÍTULO 14 130

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE UM CAMBISSOLO AMARELO SOBRE O DESENVOLVIMENTO INICIAL DO FEIJÃO CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA*) E DO ARROZ (*ORYZA SATIVA*)

Elidineia Lima de Oliveira Mata
Wagner Augusto da Silva Mata
Vitor Barbosa da Costa
Joyce da Costa Dias
Elessandra Laura Nogueira lopes

DOI 10.22533/at.ed.09418141214

CAPÍTULO 15 132

INFLUÊNCIA DAS QUEIMADAS SOB OS TEORES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM ÁREAS DE CAATINGA NO SUL PIAUIENSE

Veronica de Oliveira Costa
Manoel Ribeiro Holanda Neto
Maurício de Souza Júnior

Mireia Ferreira Alves
Marco Aurélio Barbosa Alves
Wesley dos Santos Souza

DOI 10.22533/at.ed.09418141215

CAPÍTULO 16 137

LEAF INDEX FOR FOLIAR DIAGNOSIS AND CRITICAL LEVELS OF NUTRIENTS FOR *Physalis peruviana*

Enilson de Barros Silva
Maria do Céu Monteiro da Cruz
Ari Medeiros Braga Neto
Emerson Dias Gonçalves
Luiz Fernando de Oliveira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.09418141216

CAPÍTULO 17 150

MESOFAUNA EDÁFICA E QUALIDADE DE UM SOLO CONSTRUÍDO CULTIVADO COM GRAMÍNEAS PERENES

Lizete Stumpf
Eloy Antonio Pauletto
Luiz Fernando Spinelli Pinto
Luciano Oliveira Geissler
Lucas da Silva Barbosa
Mateus Fonseca Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.094181412

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 163

GEOESTATÍSTICA APLICADA AO MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO E UMIDADE GRAVIMÉTRICA EM PASTAGEM COM *Cynodon spp.*

Crissogno Mesquita dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Francisca Laila Santos Teixeira

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Tiago de Souza Santiago

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Daniel Vítor Mesquita da Costa

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Kessy Jhonnes Soares da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Nayra Beatriz de Souza Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

André Luís Macedo Vieira

Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade – ICMBIO
Parauapebas – PA

Ângelo Augusto Ebling

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas

Parauapebas – PA

Daiane de Cinque Mariano

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

Ricardo Shigueru Okumura

Universidade Federal Rural da Amazônia –
Campus Parauapebas
Parauapebas – PA

RESUMO: O objetivo do trabalho foi mapear a distribuição espacial da RP e Ug do solo com *Cynodon spp.* As avaliações foram realizadas em novembro de 2016, nas mediações da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Parauapebas, em uma parcela experimental com ovinos em pastejo intensivo por três anos. A área experimental possui relevo suave ondulado e dimensões de 130 x 30 m, onde foram amostrados e referenciados no GPS em grade regular de 5 x 5 m, com total de 60 pontos. Em cada ponto amostral, foram determinados a RP e a Ug nas profundidades de 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. A análise descritiva foi realizada através dos parâmetros: média, máximo, mínimo, coeficiente de variação, assimetria, curtose e avaliação de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A modelagem geoestatística de RP e Ug foram realizadas com o auxílio do software

Gs+, versão 7. Os mapas foram gerados pelo método de interpolação por krigagem através do software Surfer, versão 11. Os modelos que melhor se ajustaram aos semivariogramas para pastagem foram o exponencial e o esférico, para a RP e Ug, respectivamente. Os atributos estudados apresentaram variabilidade espacial com índice de dependência espacial (IDE) variando de moderado ($0,25 < IDE \leq 0,75$) a forte ($IDE > 0,75$). A malha de amostragem captou a dependência espacial em todos os casos analisados. O mapeamento dos atributos do solo permitiu verificar uma zona crítica para a RP ($RP > 2,5$ MPa) na profundidade de 0,20 – 0,30 m, que ocorreu, provavelmente, devido ao pastejo intensivo de animais.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade espacial. Tifton. Compactação.

ABSTRACT: The objective of this study was to map the spatial distribution of soil resistance to penetration and soil humidity with *Cynodon* spp. The evaluations were accomplished in November 2016, in the mediations of the Federal Rural University of the Amazon, Campus of Parauapebas, in an experimental plot with intensive grazing sheep three years ago. The experimental area has slightly wavy relief and dimensions of 130 x 30 m, where it was sampled and referenced in the GPS in a regular grid of 5 x 5 m, with total of 60 points. At each point, RP and Ug were determined at depths of 0.0-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m. The geostatistical modeling of RP and Ug were performed using the Gs + software, version 7. The maps were generated by the kriging interpolation method through the Surfer software, version 11. The models that best fit the semivariograms for pasture were the exponential and spherical, for RP and Ug, respectively. The attributes studied presented spatial variability with spatial dependence index (SDI) ranging from moderate ($0.25 < SD \leq 0.75$) to strong ($SD > 0.75$). The sampling grid showed spatial dependence in all analyzed cases. The soil attributes mapping allowed to verify a critical zone for RP ($RP > 2.5$ MPa) in the depth of 0.20 - 0.30 m, which probably occurred due to the intensive grazing of animals.

KEYWORDS: Spatial variability. Tifton. Compaction.

1 | INTRODUÇÃO

A perda da qualidade física do solo implica em condições desfavoráveis à sua estruturação, como formação de agregados pouco estáveis, elevada densidade, maior resistência do solo à penetração das raízes e resulta em condições que restringem o desenvolvimento e produção das culturas vegetais, bem como a preservação dos recursos naturais (LIMA et al., 2013).

O monitoramento dos atributos físicos do solo no início e após as atividades agrícolas são ferramentas imprescindíveis quanto ao planejamento das práticas de cultivo a serem adotadas, pois estes atributos quando avaliados sucessivamente, permitem monitorar a eficácia do sistema de manejo adotado (TORRES et al., 2015).

Por meio da agricultura de precisão (AP) tem-se a ciência da variabilidade existente no solo, tornando possível identificar nas áreas cultivadas, as zonas com

restrições físicas, químicas e biológicas. A AP permite ainda planejar atividades de recuperação e, até mesmo, a aplicação de insumos agrícolas de acordo com a necessidade do solo, no local e quantidade adequadas. Esta variabilidade espacial e temporal pode ser estudada aplicando-se os princípios da geoestatística, que permite identificar áreas carentes de insumos que podem limitar a produção (MARASCA et al., 2011; MATIAS et al., 2015; ZANÃO JUNIOR et al., 2010;).

A geoestatística tem como fundamento o entendimento de que as amostras de uma determinada variável não são aleatórias, mas sim dependentes da posição no espaço em que se encontram (RODRIGUES et al., 2014), sua utilização implica na descrição de um plano de amostragem, para o qual define-se número e espaçamento dos pontos onde as amostras serão coletadas (GUIMARÃES et al., 2016).

Os métodos geoestatísticos são utilizados para examinar tanto a dependência espacial como para interpolar atributos de solo através da krigagem. Este procedimento permite inferir se um atributo exibe ou não estrutura espacial e, uma vez conhecido o modelo da dependência espacial, é possível mapear o campo de estudo (CARVALHO et al., 2008). Outra característica relevante da utilização da krigagem é o fato de estimar valores confiáveis em qualquer posição do local em estudo, ou seja, não é baseada na preservação dos valores originais dos dados (GUIMARÃES et al., 2016).

A análise da resistência do solo a penetração (RP) surge a partir desta perspectiva, como um dos parâmetros mais utilizados para avaliar e indicar o grau da compactação, sendo útil para detectar as camadas compactadas e pertinente para os atributos físicos do solo como a textura e a umidade, que por sua vez, influenciam diretamente no desempenho do solo, submetido a pressões externas (COLET et al., 2009; ROQUE et al., 2008).

A determinação da RP por meio de penetrômetro, permite quantificar a força exercida no solo em função da penetração de uma ponta cônica, simulando a resistência que o solo oferece à penetração das raízes (LIMA et al., 2013; MOLIN et al., 2012). Por sua vez, o acompanhamento das características físicas no solo não é questão simples, pois estes se constituem de uma complexa interação de fatores pedogenéticos, como material de origem desuniforme com diferenças em relação à dureza, composição química e cristalização. Além também, de ser influenciados pelas condições de clima e relevo, resultando assim, na variabilidade espacial de seus atributos (MATIAS et al., 2015).

Os atributos de solo muitas vezes não revelam uma variação genuinamente aleatória ao longo de um terreno, apresentando correlação espacial (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016; GOMES et al., 2007; ZANÃO JÚNIOR et al., 2010). Assim, a geoestatística tem sido utilizada como importante ferramenta de análise dos dados, a fim de modelar e estudar a estrutura de dependência espacial dos atributos do solo, por meio do ajuste de semivariogramas experimentais (MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

Partindo da adoção de conceitos e técnicas corretas de utilização do solo sabe-se que resultados positivos na produção forrageira podem ser obtidos, assim, a gestão

do animal em pastejo passa a ser mais complexa, pois se relaciona a um conjunto de diferentes fatores entre solo, planta e ambiente, que visam aumento da produtividade e melhor desenvolvimento do animal (AGUIAR, 2011; COSTA et al., 2012).

Devido à grande relevância das condições físicas do solo na produção vegetal, o presente trabalho teve por objetivo mapear e avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica em três diferentes profundidades amostrais, em uma área cultivada com *Cynodon* spp. pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, campus de Parauapebas - PA.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no setor de produção de ruminantes da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, Estado do Pará, localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 06° 03' 30" S e 49° 55' 15" W, nos dias 10 e 12 de novembro de 2016. O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical úmido, do tipo "Aw", com média anual de 29° C para temperatura do ar e de 1.500 a 2.000 mm de precipitação pluvial (IDESP, 2015).

A área experimental possui relevo suave ondulado e predominância de Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2018). A pastagem de Tifton (*Cynodon* spp.) foi implantada em sistema convencional com método de pastejo intensivo de ovinos há três anos. Neste local, que abrange 2.100 m², foram excluídos 5,0 m de bordadura para fins de maior controle na qualidade amostral e, a partir disso, procedeu-se com a distribuição espacial dos pontos de coleta em malha regular de 5x5 m, conforme o *grid* do local de estudo (n=60), representado na Figura 1.

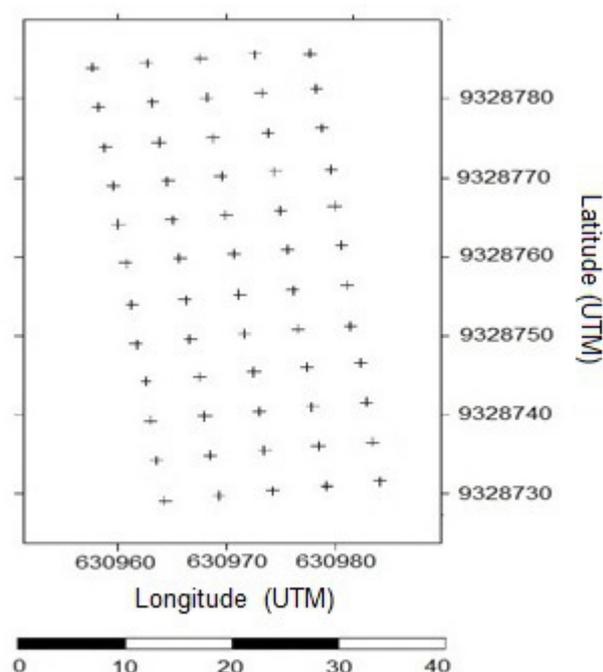


Figura 1. Grid amostral da área para determinação da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica em pastagem com *Cynodon* spp.

Em cada ponto delimitado no grid amostral foram coletadas as coordenadas geográficas (Figura 2a) com uso do GPS (Global Positioning System) Garmin - 60CS.

A resistência do solo à penetração (RP) foi mensurada por meio de um penetrômetro eletrônico PLG 1020 penetroLOG® (Figura 2b) em cada ponto marcado com o GPS, sendo avaliada em três diferentes profundidades (0,00 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m).

Os resultados de RP obtidos foram confrontados aos que Imhoff et al. (2000) consideram crítico para desenvolvimento radicular de pastagens perenes (valores acima de 2,5 MPa), mostrado nos mapas de superfície pela coloração vermelha.

Para a determinação da umidade gravimétrica (Ug), realizou-se coleta de amostras simples de solo, em duplicata, com auxílio de sonda (Figura 2c), nos mesmos pontos e profundidades utilizadas na RP.



Figura 2. Georreferenciamento dos pontos amostrais (a); mensuração da resistência do solo à penetração (b) e coleta de solo em duplicata (c).

As amostras de Ug foram acondicionadas em recipientes de metal com peso conhecido e embaladas para evitar perda de água por evaporação. Em laboratório, as amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa úmida e mantidas em estufa a 105 °C, até atingirem peso constante. Em seguida, com auxílio de uma balança de precisão obteve-se a massa seca do solo para fins do cálculo do teor de umidade, conforme fórmula proposta pela Embrapa (2017).

Segundo Freddi et al. (2006), valores de umidade abaixo de 20% comprometem o desenvolvimento das plantas. Partindo deste preceito, adotou-se no presente estudo que valores entre 14 e 20% representam um índice moderado para desenvolvimento da cultura. Valores acima de 20% de Ug foram considerados em níveis adequados, representados nos mapas de superfície pela coloração azul céu e azul puro, respectivamente.

Os valores de RP e Ug foram analisados através da estatística descritiva por meio do cálculo das medidas de posição (média), dispersão (valor máximo e mínimo, coeficiente de variação e desvio padrão), como também, pela forma como estavam distribuídos (coeficientes de assimetria e de curtose). Adicionalmente, verificou-se a aderência ou não dos dados à distribuição normal, sendo aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$).

Para mensurar os coeficientes de variação, foi adotado o critério de classificação proposto por Gomes (2000): baixo ($CV < 10\%$); médio ($10\% < CV < 20\%$); alto ($20\% < CV < 30\%$) e muito alto ($CV > 30\%$), o qual, segundo Freddi et al. (2006), tem sido admitido em muitos trabalhos relacionados com estudos de solo, por ser uma medida adimensional e possibilitar a comparação da variabilidade de duas variáveis.

Com base na obtenção de semivariogramas experimentais, a análise geoestatística determinou a variação espacial das amostras (VIEIRA, 1983), no qual, para os resultados que apresentaram estrutura de dependência espacial (não linear), mediante os seguintes parâmetros do semivariograma: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance (A) e índice de dependência espacial [$C_1/(C_0+C_1)$], realizou-se o ajuste dos modelos matemáticos (esférico, exponencial ou gaussiano) que representassem adequadamente o comportamento observado, através do software Gs+, versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004). Para o índice de dependência espacial (IDE) adotou-se os critérios estabelecidos por Zimback (2001), que classifica o $IDE \leq 0,25$, de fraco; $0,25 < IDE \leq 0,75$, de moderado e; $IDE > 0,75$, de forte.

A elaboração dos mapas de distribuição espacial ocorreu através do método de interpolação por krigagem, sendo estabelecidas intervalos de cores que representassem o grau de variação de RP (azul puro – muito baixo, azul céu - baixo, laranja claro - médio e vermelho - alto) e Ug (céu azul - moderado e azul puro - adequado) em cada profundidade do solo, com auxílio do software Surfer, versão 11 (GOLDEN SOFTWARE, 2016).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva para as variáveis umidade gravimétrica (U_g) e resistência do solo à penetração (RP) apresentados na Tabela 1, demonstraram que a RP nas profundidades de 0,00–0,10 m e 0,20–0,30 m manifestaram comportamento lognormal, enquanto, apenas a profundidade de 0,10 – 0,20 m para o mesmo atributo, apresentou distribuição normal. A U_g avaliadas em todas as profundidades se apresentaram com distribuição normal, confirmado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para Freddi et al. (2006) a média é uma boa medida descritiva para dados com distribuição normal, todavia, o mesmo não ocorre para aquelas com distribuição lognormal. De acordo com Miguel et al. (2009), a normalidade dos dados não é uma premissa da geoestatística, tendo-se maior importância o coeficiente de assimetria, que deve ser próximo a zero, apresentando semivariogramas com patamares bem definidos, de forma a não comprometer as análises.

Os coeficientes de assimetria apresentaram valores próximos a zero, indicando que a distribuição de frequências não manifestou caudas muito alongadas, caracterizando um comportamento pertinente ao avanço geoestatístico.

Parâmetro	Profundidade		
	0,0 – 0,1 m	0,1 – 0,2 m	0,2 – 0,3 m
Resistência do solo à penetração (MPa)			
Média	0,53	1,83	2,02
Mínimo	0,01	0,44	0,13
Máximo	2,30	3,47	3,92
Desvio-padrão	0,57	0,61	0,83
CV (%) ⁽¹⁾	106,22	33,46	41,33
Assimetria	0,43	0,20	0,15
Curtose	2,18	2,98	2,74
p ⁽²⁾	3x10 ⁻⁶ (L)	0,92 (N)	0,001 (L)
Umidade gravimétrica (%)			
Média	21,33	20,63	21,75
Mínimo	15,78	10,76	12,29
Máximo	25,94	27,36	29,65
Desvio-padrão	2,35	3,71	4,73
CV (%) ⁽¹⁾	11,00	18,00	21,76
Assimetria	-0,30	-0,60	-0,46
Curtose	2,44	2,98	2,17
p ⁽²⁾	0,26 (N)	0,31 (N)	0,22 (N)

TABELA 1. Parâmetros estatísticos descritivos da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo cultivado com *Cynodon* spp., nas profundidades de 0,0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, na região de Carajás - PA. 2016.

⁽¹⁾ CV = Coeficiente de Variação. ⁽²⁾ p = avaliação de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. (N) = distribuição normal. (L) = distribuição lognormal.

A variabilidade da RP foi classificada como muito alta (CV > 30%), enquanto que para a Ug, a variabilidade se apresentou média nas profundidades de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m (10% < CV < 20%) e alta na profundidade de 0,20 – 0,30 m (20% < CV < 30%). Esses valores de coeficientes de variação podem ser resultado da utilização de implementos no preparo do solo, o pastejo intensivo dos animais associado ao declive da área e classe de solo, que podem acentuar os processos erosivos.

Ainda de acordo com os resultados da Tabela 1, verificou-se que na área amostrada existe uma ampla variação dos dados de RP. De acordo com Imhoff et al. (2000), isto pode ser atribuído ao gradiente de umidade e possível variabilidade da densidade do solo devido ao pastejo. O referido autor também cita que a degradação da estrutura do solo altera drasticamente a resistência do solo à penetração de raízes, que se mostra um indicador sensível ao efeito do pisoteio dos animais.

Nas condições do solo avaliado não foram determinados níveis de resistência crítica às plantas na camada superficial (0,00 – 0,10 m), apresentando em todos os pontos valores abaixo de 2,5 MPa, o que demonstra condições adequadas para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Apesar da camada superficial não ter apresentado valores críticos de RP, houve um incremento gradual deste atributo ao longo do perfil do solo, provavelmente devido ao pisoteio animal e diferença textural que caracteriza a classe de solo. Kondo & Dias

Junior (1999) ao estudarem o comportamento dos Latossolos em função da umidade e uso, inferiram que estes solos apresentam-se mais suscetíveis à compactação pelo pisoteio animal em camadas superficiais (0,00 – 0,03 m). Por outro lado, Pignataro Netto et al. (2009), relataram que em uma área cultivada com *Andropogon novo*, sem a presença de animais, obteve-se valores menores de RP na camada de 0,05 – 0,20 m, quando comparado a área com animais em pastejo, sugerindo que a menor perturbação propiciou melhor condição deste atributo.

Na profundidade de 0,20 – 0,30 m o valor médio de RP (Tabela 1) indica que a área apresentou valores aceitáveis, ou seja, menores que 2,5 MPa. No entanto, verifica-se em determinada faixa da área, valores pontuais superiores a 2,5 MPa (Figura 3), o que configuram condição crítica ao desenvolvimento radicular de pastagens perenes, conforme indicado por Imhoff et al. (2000). No mesmo estudo, o autor adverte que a magnitude e o tipo das mudanças que ocorrem nas características do solo nestas condições resultam da intensidade do pisoteio animal, da umidade e tipo de solo. Embora não avaliado, vale ressaltar que sistemas radiculares têm capacidade de penetração no solo distinta conforme a espécie, sendo que gramíneas, pela intensa proliferação de raízes fasciculadas na camada arável do solo, são mais eficientes que espécies com raízes pivotantes (LIMA et al., 2013).

Não foi observado uma correlação entre os valores de RP e Ug (Tabela 1), conseqüentemente, estes valores não interferiram na análise da RP, que é inversamente influenciada pela umidade do solo. Tal fato, possivelmente é explicado pela presença de cobertura do solo com a forragem Tifton, que pode ter propiciado uma maior manutenção da umidade e, através das características de seu sistema radicular, agregam as partículas do solo melhorando sua estrutura, aumentando assim, a capacidade de absorção e retenção de água.

Parâmetro	Profundidade		
	0,0 – 0,1 m	0,1 – 0,2 m	0,2 – 0,3 m
Resistência do solo à penetração (MPa)			
Modelo	Gaussiano	Exponencial	Exponencial
Efeito pepita	0,109	0,317	0,244
Patamar	0,228	0,641	0,630
Alcance	35,680	180,120	21,270
$C_1(C_0+C_1)$ ⁽¹⁾	0,522	0,505	0,613
R^2 ⁽²⁾	0,729	0,221	0,594
SQR ⁽³⁾	8,954E ⁻⁰³	0,097	0,074
Umidade gravimétrica (%)			

Modelo	Exponencial	Esférico	Esférico
Efeito pepita	0,970	6,400	3,820
Patamar	5,949	15,190	26,680
Alcance	4,620	17,220	20,280
$C_1/(C_0+C_1)$ ⁽¹⁾	0,837	0,579	0,857
R^2 ⁽²⁾	0,128	0,587	0,751
SQR ⁽³⁾	6,86	55,4	210

TABELA 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo cultivado com *Cynodon* spp., nas profundidades de 0,0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, na região de Carajás - PA. 2016.

⁽¹⁾ $C_1/(C_0+C_1)$ = grau de dependência espacial. ⁽²⁾ R^2 = coeficiente de determinação. ⁽³⁾ SQR = soma de quadrados dos resíduos.

A análise da variabilidade espacial por meio de semivariogramas para os atributos do solo com os parâmetros e modelos ajustados aos semivariogramas, encontram-se apresentados na Tabela 2. A análise geoestatística demonstrou que os atributos avaliados apresentaram dependência espacial. O índice de dependência espacial (IDE) encontrados foram moderados ($0,25 < IDE \leq 0,75$) para RP em todas as camadas avaliadas e para Ug na profundidade de 0,10 – 0,20 m.

A Tabela 2 permite verificar ainda um alto grau de dependência espacial ($IDE > 0,75$) para a Ug nas profundidades de 0,00 – 0,10 m e 0,20 – 0,30 m. Resultados semelhantes foram encontrados por Freddi et al. (2006), onde obtiveram moderada dependência espacial para RP e Ug do solo em uma malha experimental de 10 x 10 m. Guimarães et al. (2016), relatou que quanto maior o valor do IDE, mais o semivariograma explica a variância dos dados, o que permite considerar que a malha de amostragem usada foi adequada, pois foi capaz de captar a dependência espacial em todos os casos analisados.

Habitualmente, a forte dependência espacial dos atributos do solo é atribuída aos fatores intrínsecos, ao passo que aos extrínsecos atribui-se fraca dependência (CAVALCANTE et al., 2007). Desse modo, a forte dependência espacial constatada para o atributo em estudo pode ser resultante de qualquer um dos fatores de formação do solo, especialmente o material de origem e relevo, ao passo que a dependência espacial moderada, seria devido a homogeneização do solo, propiciada pelos sistemas de uso e manejo.

Os semivariogramas ajustaram-se aos modelos gaussiano na profundidade de 0,00 – 0,10 m e exponencial nas camadas de 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m para o atributo da RP. O melhor ajuste para a Ug aconteceu nos modelos exponencial na camada superficial (0,00 – 0,10 m) e esférico nas demais profundidades avaliadas (0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m). Segundo Cavalcante et al. (2007), os modelos esféricos e exponenciais apresentam-se como os modelos teóricos mais comuns aos atributos do solo e da planta.

Outro parâmetro de extrema relevância para a geoestatística relaciona-se ao alcance da dependência espacial, pois permite que seja definido o raio de amostragem

de maneira a garantir nas próximas amostragens, e para as mesmas condições do estudo, a independência dos pontos amostrais, a minimização do erro padrão da média e, também, reduzir o número de amostras a serem coletadas (ARTUR et al., 2014). Assim, todos os pontos vizinhos situados dentro de um círculo com esses raios podem ser utilizados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (SILVA; CHAVES, 2001).

O alcance encontrado nos atributos de RP e Ug (Tabela 2), excederam a o *grid* amostral (5 x 5 m), com exceção da Ug para a profundidade de 0,00 – 0,10 m, apresentando valor de 4,62 m. O alcance inferior a grade amostral, indica que esta não contemplou a variabilidade espacial da Ug apresentada na respectiva profundidade.

Na Figura 3 observa-se que os valores de RP aumentaram conforme as profundidades avaliadas. Porém, o solo da área estudada não apresentou níveis de RP críticos às plantas mesmo sob variação do teor de água do solo, excetuando-se uma pequena zona na camada de solo mais profunda de 0,2 – 0,3 m (Figura 3), o que resulta em condições satisfatórias para o crescimento do Tifton.

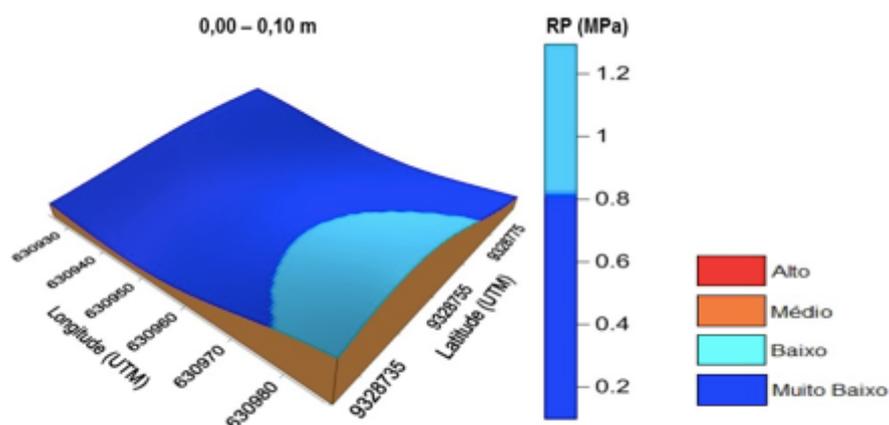
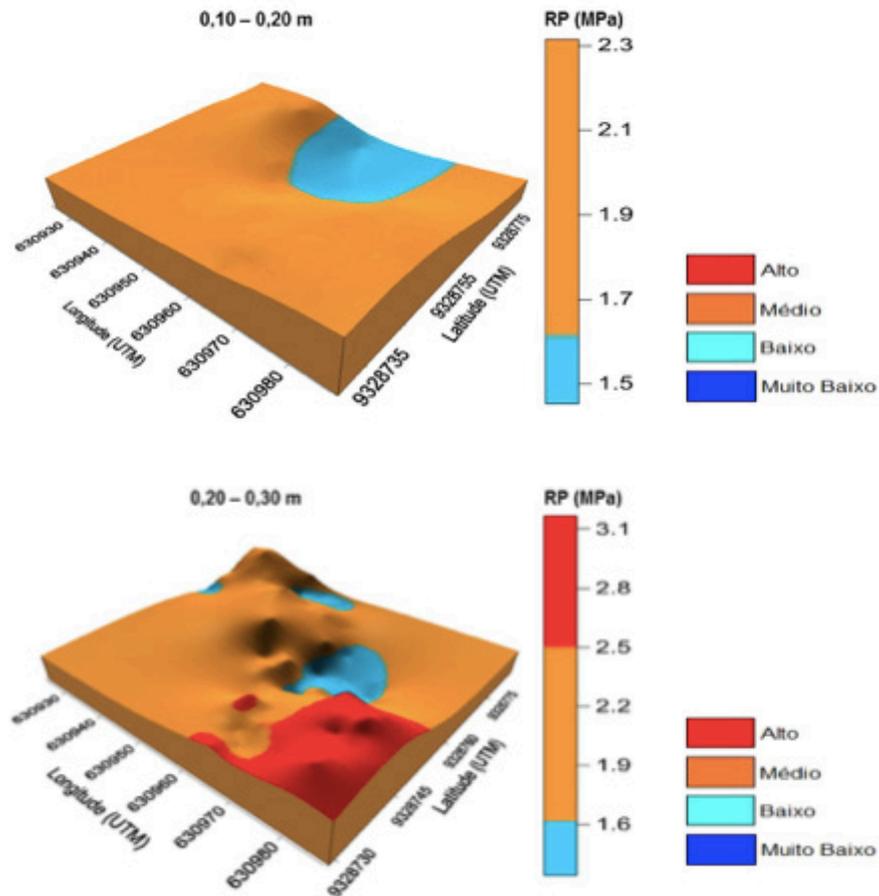


Figura 3 – Mapas de superfície 3D da resistência do solo à penetração cultivado com *Cynodon* spp., nas profundidades de 0,0-0,1 m (A), 0,1-0,2 m (B) e 0,2-0,3 m (C), na região de Carajás - PA. 2016.



A Figura 4 representa os percentuais da umidade do solo, os quais encontram-se entre 15% e 28%, estes teores encontram-se representados por duas variações da cor azul, onde quanto mais forte a matiz, maior o índice de umidade. Nota-se portanto, um comportamento semelhante nas três profundidades avaliadas, com apenas pequenas manchas claras (cor azul céu), indicando uma menor U_g nessas manchas. Este fato ocorreu em virtude das coletas dos dados de U_g terem sido realizadas no período chuvoso e, o aporte de matéria orgânica provido pela forragem, pode ter propiciado o aumento da retenção de umidade no solo e proteção contra a evaporação direta.

A redução do conteúdo de água no solo, representada nos mapas de superfície pela coloração azul céu, com valores abaixo de 20%, não interferiu no comportamento da RP, divergindo com o que Silveira et al. (2010) relatou com seus colaboradores. Segundo os autores, a redução de água em Argissolos promove o aumento da coesão entre as partículas minerais, tornando-as mais difíceis de serem separadas por forças externas, o que resulta no aumento da RP. Esta relação inversamente proporcional entre as variáveis RP e U_g , não ocorreu, possivelmente, devido ao fato de que os valores de umidade não apresentaram níveis críticos, situando-se em intervalos próximos ao adequado ($U_g = 20\%$), mantendo níveis aproximados de coesão entre as partículas.

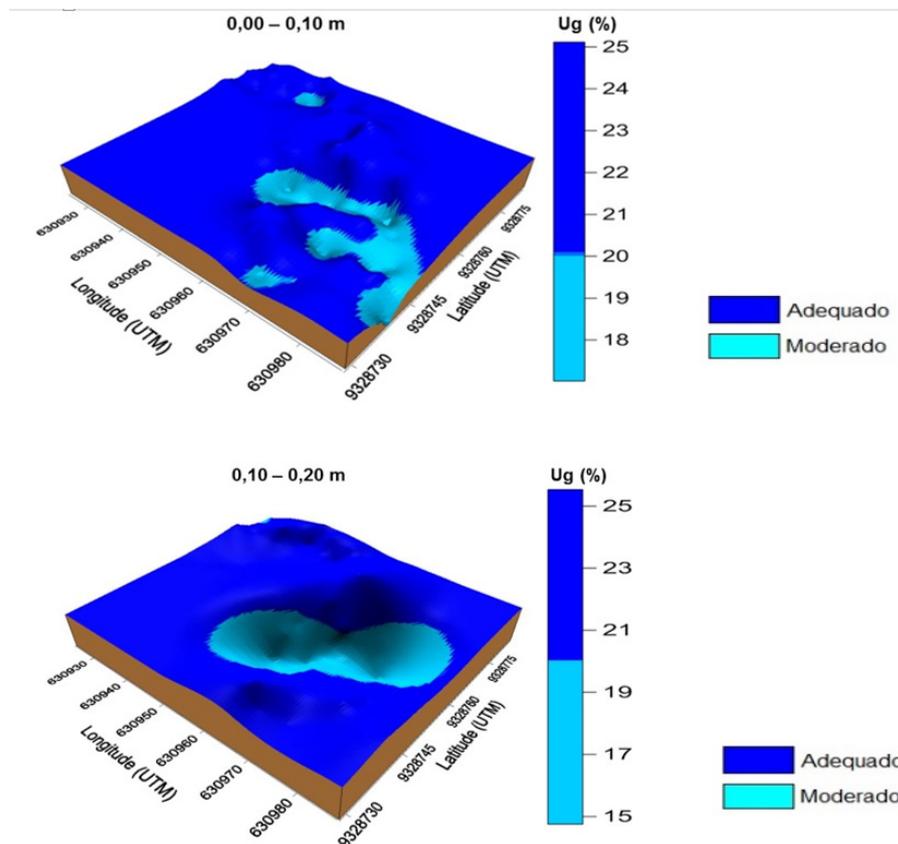


Figura 4 – Mapas de superfície 3D da resistência do solo à penetração cultivado com *Cynodon* spp., nas profundidades de 0,0-0,1 m (A), 0,1-0,2 m (B) e 0,2-0,3 m (C), na região de Carajás - PA. 2016.

4 | CONCLUSÃO

A malha de amostragem é adequada para mapear a dependência espacial da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo nas diferentes profundidades avaliadas.

Através do mapeamento geoestatístico é possível verificar uma zona crítica para a resistência do solo à penetração ($RP > 2,5$ MPa) na área com pastagem na profundidade de 0,20 – 0,30 m, possibilitando o uso localizado de práticas agrícolas que reduz a densidade do solo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. A. **Manual do manejador da pastagem: um guia para o monitoramento da produção de forragem e da produção animal em sistemas de pastejo**. Uberaba: CONSUPEC, 2011. 90 p.

ALMEIDA, L. S.; GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura**. Coffee Science, Lavras-MG, v. 11, p. 195-203, 2016.

ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande-PB, v. 18, p. 141–149, 2014.

- CARVALHO, L. A.; M. NETO, V. J.; SILVA, L. F.; PEREIRA, J. G.; NUNES, W. A. G. A.; CHAVES, C. H. C. **Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brilhante-MS.** Dourados-MS, Agrarian, v.1, p.7-22, 2008.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 31, p. 1329-1339, 2007.
- COSTA, M. A. T.; TORMENA, A. A.; LUGÃO, M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. **Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa-MG, v. 36, p. 993-1004, 2012.
- COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H.; SOUZA, Z. M. **Alterações em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação.** Ciência Agrotecnológica, v. 33, p. 361-368, 2009.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. Ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.
- FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. **Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, p. 113-121, 2006.
- GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004. GS+ Version 7. **Geostatistics for the Environmental Sciences.** User's Guide. Gamma Design Software, LLC, 160 p.
- GOLDEN SOFTWARE, 2016. **Surfer for Windows.** Version 11. Golden Software, Inc., Golden, Co.
- GOMES, N. M.; FARIA, M. A.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 11, p. 427-435, 2007.
- GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.
- GUIMARÃES, W. D.; GRIPP JUNIOR, J.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A. **Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza-CE, v. 47, p. 247-255, 2016.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. **Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 35, p. 1493-1500, 2000.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Estatística municipal de Parauapebas.** 2015. Disponível em: <www.idesp.pa.gov.br/pdf/EstatisticaMunicipal/pdf/Parauapebas.pdf> Acesso em: 20 jan. 2017.
- KONDO, M. K. & DIAS JUNIOR, M. S. **Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 23, p. 211-218, 1999.
- LIMA, I. M. A.; ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. **Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí.** Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande-PB, v. 9, p. 117-124, 2013.

- MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo.** Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG, v. 19, p. 227-235, 2011.
- MARASCA, I.; OLIVEIRA, C. A. A.; GUIMARÃES, E. C.; CUNHA, J. P. A. R.; ASSIS R. L.; PERIN, A.; MENEZES, L. A. S. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto, na cultura da soja.** Bioscience Journal, Uberlândia-MG, v. 27, p. 239-246. 2011.
- MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. **Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense.** Revista Agro@ambiente On-line, Boa Vista-RO, v. 9, p. 17-26, 2015.
- MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. **Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 44, p. 1513-1519, 2009.
- MOLIN, J. P.; DIAS, C.T.S.; CARBONERA, L. **Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 16, p.584–590. 2012.
- PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 33, p. 1441-1448, 2009.
- RODRIGUES, M. S.; RAMOS, R. R. D.; AZEVEDO, T. P.; PATROCÍNIO FILHO, A. P.; OLIVEIRA, L. G. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em área de capineira irrigada no semiárido.** Agropecuária Científica no Semiárido, Campos de Patos-PB, v. 10, p. 161-166, 2014.
- ROQUE, M. W.; MATSURA, E. E.; SOUZA, Z. M.; BIZARI, D. R.; SOUZA, A. L. **Correlação linear e espacial entre a resistência do solo ao penetrômetro e a produtividade do feijoeiro irrigado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 32, p. 1827-1835, 2008.
- SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. **Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande-PB, v. 5, p. 431-436, 2001.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. **Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocóeso no Recôncavo da Bahia.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 34, p. 659-667, 2010.
- TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. A.; SILVA NETO, O. F.; ARAÚJO, A. S.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. **Avaliação da resistência à penetração e densidade do solo num Latossolo sob semeadura direta há doze anos.** Global Science and Technology, Rio Verde-GO, v. 8, p. 131-140, 2015.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, T.L.; NIELSEN, D.R. **Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties.** Hilgardia, Oakland, v. 51, p. 1- 75, 1983.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; ZANÃO, M. P. C.; GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto.** Revista Ceres, Viçosa-MG, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade.** 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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 978-85-7247-009-4



9 788572 470094