

Variabilidade espacial de atributos físicos de terra preta de índio sob pastagem

(Brachiaria brizanta sp. L.) em Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil

**Spatial variability of physical attributes of black Indian soil under pasture (Brachiaria
brizanta sp. L.) in Novo Aripuanã, Amazonas, Brazil**

**Variabilidad espacial de los atributos físicos del suelo indio negro bajo pasto (Brachiaria
brizanta sp. L.) en Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil**

Recebido: 16/07/2020 | Revisado: 30/07/2020 | Aceito: 24/08/2020 | Publicado: 29/08/2020

Lucivânia Izidoro da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7077-1586>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: lucy-vany@hotmail.com

Milton César Costa Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8183-7069>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: mcesarsolos@gmail.com

José Maurício da Cunha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-1708>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: maujmc@gmail.com

Elilson Gomes de Brito Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-2126>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: bfsambiente@gmail.com

Guilherme Abadia da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4520-2100>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: gui.s.abadia@gmail.com

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-1576>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: dougllasmarcelo@gmail.com

Fernando Gomes de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2913-5078>

Universidade Federal de Roraima, Brasil

E-mail: fernando.souza@ufr.br

Vânia da Silva Fraga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0181-0753>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: vaniasfraga@gmail.com

Resumo

As Terras Pretas de Índio (TPIs) são unidades de solo que apresentam como característica marcante a coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo. O solo pode ser degradado, por ações naturais, ou humanas, sendo a agricultura e a pecuária as principais atividades humanas que causam a degradação do solo. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos de terra preta de índio sob cultivo de pastagem em Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil. Foi realizado o mapeamento da área de TPI com uso de pastagem, nesta foi demarcada uma malha de 80 m x 56 m com espaçamento regular de 8 m, sendo 88 pontos em três profundidade (0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20m) totalizando 264 amostras. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação (MDE). Realizaram-se as seguintes análises físicas: macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo, resistência do solo a penetração, densidade do solo e umidade gravimétrica do solo. A partir dos dados obtidos foram realizadas análises descritivas e de geoestatística. Pela análise geoestatística constatou-se que os atributos apresentam grande variabilidade, baixo grau de correlação e moderado grau de dependência; a microporosidade foi o atributo que apresentou o maior alcance (55 m) e conseqüentemente uma maior variabilidade.

Palavras-chave: Solos amazônicos; Antropização; Geoestatística.

Abstract

The Black Indigenous Lands (BIL) are soil units that have as a striking feature the dark coloration and the presence of ceramic and / or lithic fragments and indigenous artifacts incorporated into the surface horizons matrix. The soil can be degraded by natural or human actions, with agriculture and livestock being the main human activities that cause soil

degradation. Thus, the objective of this work was to evaluate the spatial variability of the physical attributes of Indian Black Earth under pasture cultivation in Novo Aripuanã, Amazonas, Brazil. A pasture area was mapped using 80 mx 56 m with a regular spacing of 8 m, 88 points at three depths (0.00-0.05; 0.05-0.10 and 0.10-0.20m) totaling 264 samples. These points were georeferenced with a GPS equipment to build the Digital Elevation Model (DEM). The following physical analyzes were performed: macroporosity, microporosity, total soil porosity, soil penetration resistance, soil density and soil gravimetric moisture. From the data obtained, descriptive and geostatistical analyzes were performed. The geostatistical analysis showed that the attributes present great variability, low degree of correlation and moderate degree of dependence; microporosity was the attribute that presented the largest range (55 m) and consequently a greater variability.

Keywords: Amazonian soils; Anthropization; Geostatistics.

Resumen

Las Tierras Indias Negras (TPI) son unidades de suelo que tienen una característica oscura y la presencia de fragmentos de cerámica y / o líticos y artefactos indígenas incorporados en la matriz de los horizontes superficiales del suelo. El suelo puede ser degradado por acciones naturales o humanas, siendo la agricultura y la ganadería las principales actividades humanas que causan la degradación del suelo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad espacial de los atributos físicos del suelo negro de la India bajo el pastoreo en Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil. Se realizó el mapeo del área TPI usando pastos, en el cual se demarcó una cuadrícula de 80 mx 56 m con un espaciado regular de 8 m, con 88 puntos en tres profundidades (0.00-0.05; 0.05-0, 10 y 0.10-0.20 m) con un total de 264 muestras. Estos puntos fueron georreferenciados con equipos GPS para la construcción del Modelo de Elevación Digital (MDE). Se realizaron los siguientes análisis físicos: macroporosidad, microporosidad, porosidad total del suelo, resistencia del suelo a la penetración, densidad del suelo y humedad gravimétrica del suelo. A partir de los datos obtenidos, se realizaron análisis descriptivos y geoestadísticos. El análisis geoestadístico mostró que los atributos tienen gran variabilidad, bajo grado de correlación y grado moderado de dependencia; La microporosidad fue el atributo que tuvo el rango más largo (55 m) y, en consecuencia, la mayor variabilidad.

Palabras clave: Suelos amazónicos; Antropización; Geoestadística.

1. Introdução

O bioma amazônico recobre toda parte norte do Brasil, além de alguns países da América Latina, onde hoje pelos órgãos ambientais é considerado um dos biomas mais importantes, devido sua rica biodiversidade na fauna, flora, e outros recursos deste vasto ecossistema (Melo et al., 2017). E se tratando deste bioma como fonte de renda agrícola, ele abrange uma série de características, apresentando muitas peculiaridades dentre elas os seus solos, onde abrange em sua maioria a classe de Latossolos e Argissolos. Estas classes de solo são fisicamente adequadas ao uso agrícola apresentando textura variando de argilosa a muito arenosa, porém, por suas características de baixa CTC (capacidade de troca catiônica) e altos teores de alumínio são considerados solos poucos férteis (Campos et al., 2012; Brito Filho et al., 2018).

Algo marcante que ocorre neste bioma são as chamadas Terras Preta de Índio (TPI), estas tratam-se de manchas de solos que apresentam características marcantes como coloração escura, presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo, uma elevada fertilidade natural quando comparadas com os solos adjacentes e boas características de condutividade hidráulica, porosidade e resistência do solo a penetração (Kämpf e Kern, 2005; Neves Júnior, 2017).

O uso de técnicas estatísticas para avaliação dos atributos do solo é crucial para o entendimento de suas características bem como, os comportamentos e mudanças que ocorrem em seu meio, por influência de seus diferentes manejos. Dentre as técnicas, a geoestatística tem-se mostrado eficiente na ciência do solo para caracterizar e estudar a variação espacial de suas propriedades (Bottega et al., 2013). Com relação a geoestatística, esta trata-se de uma ferramenta que por modelos matemáticos busca verificar a variabilidade de variáveis em determinado espaço, podendo ser utilizada como método para avaliar a influência de determinado fator sobre o ambiente estudado (Souza et al., 2004).

Logo destaca-se a importância em conhecer a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em unidades de mapeamentos de solo, principalmente para estimar a densidade amostral ideal em levantamentos de solos para agricultura de precisão (Souza et al., 2007, Oliveira et al., 2013).

Assim, objetivou-se com este trabalho verificar, por meio da geoestatística, a variabilidade espacial em que os atributos físicos se encontram sob manejo de pastagem em Terra Preta de Índio (TPI) em Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil.

2. Metodologia

O estudo foi realizado no município de Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil (Figura 1), situado ao longo da rodovia Transamazônica (BR-230). Neste local, foi selecionado uma TPI sob uso com pastagem (*Brachiaria brizanta* sp. L), a qual abrigou nos seus últimos 25 anos os cultivos com milho, feijão e melancia, mas somente nos últimos 3,8 anos que a pastagem foi inserida para atividades de pecuária. O clima da região é Clima Tropical Chuvoso, com período seco de pequena duração. A pluviosidade média varia entre 2,250 e 2,750 mm ao ano, já as temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa fica entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

Para sua amostragem, foi estabelecida uma malha amostral com 88 pontos de coleta, com dimensão de 4.800 m² e espaçamento regular de 8 x 8 m. Os pontos de cruzamento da malha foram utilizados para coleta de blocos de solos com estrutura preservada em anéis volumétricos nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, para a determinação das propriedades físicas estruturais e mecânicas do solo. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para o mapeamento das áreas e posterior utilização pela análise geoestatística.

Para as determinações da densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), volume total de poros (VTP) e umidade gravimétrica (Umd (G)), os anéis volumétricos foram saturados por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão, onde foram submetidas à uma tensão de 0,006 MPa. Após atingirem o equilíbrio, as amostras foram novamente pesadas e levadas à estufa a 105° C (EMBRAPA, 2017).

A porosidade total foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105°C durante 24 horas. A microporosidade do solo foi determinada pelo método da mesa de tensão. Pela diferença entre a porosidade total e a micro porosidade foi obtido à macroporosidade. A determinação da umidade foi obtida pela diferença entre a massa do solo úmido e a massa do solo seco em estufa a 105°C durante 24 horas. A densidade do solo foi calculada pela relação entre a massa do solo seco e o volume do anel volumétrico. A densidade de partícula foi determinada pelo método do balão volumétrico, ou seja, todas as análises foram realizadas conforme a metodologia da (EMBRAPA, 2017).

Os atributos do solo foram analisados por meio da análise estatística descritiva, sendo calculado a média, mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e curtose. As hipóteses de normalidade dos dados foram testadas pelo teste de Kolmogorov - Smirnov,

por meio do software computacional Minitab 14.1. Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística (Isaaks E Srivastava, 1989). Com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Sendo: $\gamma(h)$ - valor da semivariância para uma distância h ; $N(h)$ - número de pares envolvidos no cálculo da semivariância; $Z(x_i)$ - valor do atributo Z na posição x_i ; $Z(x_i+h)$ - valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x_i .

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, se utilizou o exame de semivariogramas, por meio do programa GS+. Nos semivariogramas ajustados foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0); patamar ($C_0 + C_1$); e alcance da dependência espacial (a).

Para analisar o grau da dependência espacial dos atributos do solo, foi utilizada a classificação de (Cambardella et al. 1994), em que é considerada dependência espacial forte os semivariograma que têm um efeito pepita $< 25\%$ do patamar, moderada quando estão entre 25% e 75% e fraca, $>75\%$. Após o ajuste dos modelos matemáticos permissíveis foi feita à interpolação dos dados por meio da krigagem, em todas as profundidades amostradas.

3. Resultados e Discussão

Pela estatística descritiva, as médias e medianas foram próximas, e os coeficientes de assimetria e curtose se portaram próximos de zero (Tabela 1). Valores de assimetria negativa indicam tendência de concentração dos valores acima da média observada (Neves Neto et al., 2013), porém valores de assimetria entre -3 e 3 ainda conferem uma distribuição normal de dados. Observou-se que os valores de densidade foram baixos, logo associa-se esse fenômeno ao alto conteúdo de matéria orgânica encontrada nos solos de TPA, o que, segundo os autores, favoreceu a redução da compactação decorrente do pisoteio (Kämpf e Kern, 2005), resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2016) em estudos realizados em áreas de pastagem na região de Manicoré.

Tabela 1: Estatística descritiva dos atributos físicos do solo de terra preta índio sob o cultivo de pastagens em Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil.

Estatística Descritiva	Ds kg.dm ⁻³	Umd (G) Macro Micro VTP			
		-----%-----			
0,00 - 0,05 m					
Média	1,24	24,89	27,04	30,79	57,83
Mediana	1,23	25,16	27,25	31,15	57,75
¹ CV%	9,57	14,05	28,32	14,79	8,23
Assimetria	0,33	-1,44	-0,15	-0,94	-0,21
Curtose	0,29	5,64	0,20	3,31	0,08
d ²	0,05*	0,08*	0,04	0,08*	0,03
0,05 - 0,10 m					
Média	1,40	23, 86	15, 98	33, 48	49, 46
Mediana	1,41	23,97	15, 89	33,61	49,34
¹ CV%	6,91	11,80	31,97	9,62	8,37
Assimetria	0,05	-0,08	0,49	-0,00	0,33
Curtose	0,03	-0,63	0,45	-0,33	- 0,04
d ²	0,03	0, 04	0, 05*	0,08*	0,06*
0,10 - 0,20 m					
Média	1,46	22, 78	15, 96	33, 20	49, 16
Mediana	1,46	22, 70	15, 99	33, 02	49, 05
¹ CV%	5,80	7,34	27,32	11,26	7,36
Assimetria	-0,03	0,21	0,15	0,13	0,03
Curtose	- 0,38	0,21	-0,68	0,31	-0,26
d ²	0,04	0, 07*	0, 06*	0, 06*	0, 05*

Ds: densidade do solo; Umd (G):umidade gravimétrica do solo; Macro: macroporosidade do solo; Micro: microporosidade do solo; VTP: volume total de poros; ¹CV%: coeficiente de variação; ²d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; *significativo a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

Analisando o coeficiente de variação pela classificação de Warrick e Nielson (1980) em baixa, média e alta variabilidade, observou-se que todos os atributos em todas profundidades tiveram baixa variabilidade, com exceção da macroporosidade que apresentou maior coeficiente de variação em todas profundidades. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade, com exceção do volume total de poros e macroporosidade na profundidade 0.00-0.05, densidade e umidade 0.05-0.10 e densidade na camada 0.10-0.20, todos os demais atributos apresentaram normalidade de dados. Apesar desta não ser uma exigência para se realizar a geoestatística, essa permite observar maior precisão das estimativas da krigagem, as quais são com base nos valores médios (Guerreiro, 2017).

Com relação a geoestatística (Tabela 2), no geral o modelo matemático que mais se ajustou aos semivariogramas foi o exponencial, com exceção da densidade na profundidade de 0.05-0.10 e a microporosidade na profundidade 0.10-0.20 que se ajustaram ao modelo esférico.

Tabela 2: Parâmetros geoestatísticos dos atributos físicos do solo de terra preta índio sob o cultivo de pastagens em Novo Aripuanã, Brasil.

Parâmetros	Ds	Umd (G)	Macro	Micro	VTP
0,00 - 0,05 m					
Modelo	EPP.	Exp.	Exp.	Exp.	EPP.
¹ (C ₀)	-	0,01	6,80	6,19	-
² (C ₀ +C ₁)	-	2,30	48,13	16, 54	-
³ a (m)	-	11,92	11, 08	55,00	-
⁴ R ²	-	0,69	0,79	0,81	-
⁵ GDE (%)	EPP	0,43	14,13	37,43	-
⁶ VC%	-	1,00	0,75	0,77	EPP
0,05 - 0,10 m					
Modelo	Esf.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
¹ (C ₀)	0, 003	1,51	8,52	5, 29	4,59
² (C ₀ +C ₁)	0, 009	7,37	25,91	11, 50	14,24
³ a (m)	26,90	37,50	41,10	45, 00	18,54
⁴ R ²	0, 65	0, 99	0,82	0,75	0, 93
⁵ GDE (%)	33,33	20,48	32,88	46,00	32,23
⁶ VC%	0, 75	0, 96	0, 89	0,84	0, 85
0,10 - 0,20 m					
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Esf.	Exp.
¹ (C ₀)	0, 002	5,33	12,17	6,58	3,88
² (C ₀ +C ₁)	0, 008	11,45	28,34	13,74	14,58
³ a (m)	33,50	45,00	26,85	35,40	40,69
⁴ R ²	0, 89	0, 93	0, 61	0,88	0, 98
⁵ GDE (%)	25,00	46,55	42,94	47,89	26,61
⁶ VC%	0,82	0, 96	0, 80	0, 93	0, 94

Ds: densidade do solo; Umd (g): unidade gravimétrica do solo; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade; VTP: volume total de poros; Esf. Esférico; Exp.: Exponencial; Lin.: Linear; ¹C₀: efeito pepita; ²C₀+C₁: patamar; ³a: alcance (m); ⁴R²: coeficiente de determinação; ⁵GDE%: grau de dependência espacial e; ⁶VC: validação cruzada. Fonte: Autores.

Estes resultados estão em consonância com Oliveira et al. (2013) e Mota Júnior et al. (2017) que também estudaram os atributos físicos em áreas de terra preta. Observou-se que na profundidade 0.00-0.05 a densidade do solo e volume total de poros apresentaram efeito pepita puro, sendo está a variabilidade não explicada seja em função da distância ou erro na amostragem utilizada (Souza et al., 2006; Webster, 2000).

Quanto ao alcance, esse refere-se a um importante parâmetro onde, a partir de sua medida pode-se inferir quanto ao planejamento e avaliação experimental, já que permite auxiliar no procedimento de amostragem. Pela distância é possível verificar a correlação das amostras entre si (Souza et al., 2004; Silva, 2017), logo está diretamente relacionado a distribuição de dados, em que um alcance longo indica uma maior dispersão dos atributos e conseqüentemente uma maior variabilidade (Soares et al., 2018). Logo, constatou-se que os atributos na camada de 0.00-0.05m apresentaram alcance variando de 11 a 55m, na camada 0.05-0.10m variou de 18 a 45m e na camada 0.10-0.20m entre 26 a 45 m. Assim, observa-se que a maior variabilidade de atributos foi detectada na primeira camada do solo, sendo que a parte superficial do solo é a mais afetada pelo seu manejo (Trevisan et al., 2017).

4. Considerações Finais

Pela análise geoestatística os atributos físicos do solo apresentam grande variabilidade, baixo grau de correlação e grau de dependência de forte a moderado.

A microporosidade foi o atributo que apresentou o maior alcance (55 m) e maior grau de dependência espacial e conseqüentemente uma maior variabilidade.

Alguns atributos não apresentaram variabilidade, logo é necessários para os próximos estudos irá expandir a área de estudo para melhor captar essas variabilidades.

Referências

Aquino, R. E., Campos, M. C. C., Oliveira, I. A., Junior, J. M., Silva, D. M. P., & Silva, D. A. P. (2014). Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. *Bioscience Journal*, 30(4), 988-997.

Brito Filho, E. G., Mantovanelli, B. C., Brito, W. B. M., Silva, J. F., Campos, M. C. C., & Cunha, J. M. (2018). Variabilidade espacial da textura do solo em área de terra preta

arqueológica sob diferentes usos na Região Sul do Amazonas. *Scientia Agraria Paranaenses*, 17(1),139-143.

Brasil. (1978). *Ministério das Minas e Energia*. Projeto RADAM Brasil. Rio de Janeiro: Folha SB. 20, Purus. 561p.

Bottega, E. L., Queiroz, D. M., Pinto, F. A. C., Souza, C. M. A. (2013). Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista de Ciências Agrômicas*, 44(1), 1-9.

Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994)Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society American*, 58(5), 1501-1511, doi: 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x.

Campos, M. C. C., Santos, L. A. C., Silva, D. M. P., Mantovanelli, B. C., Soares, M. D. R. (2012). Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. *Revista Agro@mbiente On-line*. 6(2),102-109.

Embrapa. (2017). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro. 230p.

Guerreiro, Q. L. M. (2017). Spatial variability of soil physical and chemical aspects in a Brazil nut tree stand in the Brazilian Amazon. *African Journal Agricola Research*, 12(4):237-250, doi: 10.5897/AJAR2016.11766.

Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press. 561p.

Kämpf, N., & Kern, D. C. (2005). O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. *Tópicos em Ciência do Solo*, 4(7), 277-320.

Melo, V. F., Orrutéa, A. G., Motta, A. C. V., & Testoni, S. A. Land Use and Changes in Soil Morphology and Physical Chemical Properties in Southern Amazon. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 41(e0170034), 1-14, doi.org/10.1590/18069657rbcs20170034.

Mota Júnior, P. C., Campos, M. C. C., Mantovanelli, B. C., Franciscan, U., & Cunha, J. M. (2017). Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em terra preta de índio sob cultivo de café Conilon. *Coffee Science*. 12(2), 260 – 271p, doi.org/10.25186%2Fcs.v12i2.1277.

Neves Junior, A. F. (2008). Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central. São Paulo. *Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas*, doi:10.11606/t.11.2008.tde-28072008-155658.

Neves Neto, D. N., Santos, A. C., Santos, P. M., Melo, J. C., & Santos, J. S. (2013). Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*. 17(9), 995–1004p, doi:10.1590/s1415-43662013000900013.

Oliveira, I. A., Campos, M. C. C., Soares, M. D. R., Aquino, R. E., Júnior, J. M., & Nascimento, E. P. (2013). Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 37(4), 1103-1112, doi:10.1590/s0100-06832013000400027.

Santos, D. P., Montenegro, A. A. A., Rodrigues, R. A. S., Araújo, D. C. S., Santos, C. S., & Neto, J. F. C. (2012). Variabilidade Espacial De Atributos Físicos Do Solo Em Vale Aluvial Na Região De Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*. 16(8):2271–2282, doi:10.7127/rbai.v12n100647.

Silva, J. J. C. (2017). *Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo com horizonte a antrópico sob diferentes usos no sul do Amazonas*. [Tese Doutorado em Agronomia Tropical] Manaus (AM); Universidade Federal do Amazonas.

Soares, M. D. R., Campos, M. C. C., Oliveira, I. A., Cunha, J. M., Souza, Z. M., Aquino, R. E., Silva, D. P., & Silva, J. F. (2018). Variabilidade espacial dos atributos do solo sob

agrofloresta na região de Humaitá, AM. *Gaia Scientia*. 12(1), 33-41, doi:10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n1.34353

Soares, M. D. R., Campos, M. C. C., Oliveira, I. A., Cunha, J. M., Coutrin, S. L. A., Fonseca, J. S., Souza, Z. M. (2016). Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem em Manicoré, AM. *Revista de Ciências Agrárias*. 58(4), 434-441, doi:10.4322/rca.1975.

Souza, C. A., & Cunha S. B. (2007). Pantanal de Cáceres - MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã–MT. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, 1(5), 18-42.

Souza, Z. M., Campos, M. C. C., Cavalcante, I. H. L., Júnior, J. M., Cesarin, L. G., & Souza, S. R. (2006). Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*. 36 (1): 128-134, doi:10.1590/s0103-84782006000100019

Souza, Z. M., Júnior, J. M., Pereira, G. T., & Barbieri, D. M. (2004). Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 24(2), 309-319, doi:10.1590/s0100-69162004000200009.

Trevisan R. G., Freddi O. S., Wruck F. J., Tavanti R. R., & Peres F. S. C. (2017). Variabilidade de atributos físicos do solo e do arroz cultivado sob plantas de cobertura em sistema de integração lavoura-pecuária. *Bragantia*, 76 (1), 145-154.

Warrick, A. W., & Nielsen, D. R. (1980). Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. Elsevier. 319–44. doi.org/10.1016/b978-0-12-348580-9.50018-3.

Webster R. (2000). Is soil variation random. *Geoderma*, 97 (3-4), 149-163. doi.org/10.1016/s0016-7061(00)00036-7.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Lucivânia Izidoro da Silva – 15%

Milton César Costa Campos – 15%

José Maurício da Cunha – 15%

Elilson Gomes de Brito Filho – 15%

Guilherme Abadia da Silva – 10%

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva – 10%

Fernando Gomes de Souza -10%

Vânia da Silva Fraga – 10%