



VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM ARGISSOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Elivânia Maria Sousa Nascimento¹, Carlos Alessandro Chioderoli², Valberto Rômulo Feitosa Pereira³, José Evanaldo Lima Lopes⁴, Jean Lucas Pereira Olivera⁵

RESUMO: O estudo da variabilidade dos atributos físicos do solo é de suma importância em áreas onde o mesmo está submetido a diferentes tipos de manejo. O objetivo deste trabalho é avaliar a dependência espacial de atributos físicos em um Argissolo Vermelho-Amarelo no semiárido brasileiro. Foi delimitado em área de 0,20 ha, uma malha regular demarcando-se 54 pontos amostrais para as coletas das amostras de solo deformadas e indeformadas, além da resistência do solo à penetração, respeitando o espaçamento mínimo de 10 m entre os pontos. Os resultados mostraram que a PT foi menor nos locais onde a RP exerceu maior influência sobre o solo. A US apresentou uma relação inversa com a RP, esta variou de 0,5 a 1,5 MPa e de 0,6 a 2,4 MPa, respectivamente, na profundidade de 0,00-0,15 m e de 0,15-0,30 m. Os atributos apresentaram índice de dependência espacial (IDE) forte nas profundidades avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, manejo, variograma.

SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES IN ULTISOL IN SEMIARID

ABSTRACT: The study of the variability of soil physical attributes is of importance in areas where it is subjected to different types of management. The objective of this work is to evaluate the spatial dependence of physical attributes of a Yellow Ultisol. It was delimited within a 0.20 ha area, a regular mesh where 54 sampling points were demarcated for the samples of the deformed and undisturbed soil samples and the resistance of the soil to the penetration, respecting the minimum spacing of 10 m between points. The results showed that the TP was lower in the places where the PR exerted greater influence on the soil. The SU showed an inverse relationship with PR, which ranged from 0.5 to 1.5 MPa and from 0.6 to 2.4 MPa, respectively, at a depth of 0.00-0.15 m and from 0.15 -0.30 m. The attributes presented strong SDI at the depths evaluated.

KEYWORDS: geoestatística, management, variogram.

INTRODUÇÃO

Os atributos físicos constituem bons indicadores da qualidade do solo. A maioria dos estudos sobre as propriedades físicas do solo apresenta uma ampla variedade de resultados, devido aos diferentes locais de estudo, tipos de solo e sistemas de manejo (Grego &Vieira,

¹ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFC, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, Campus do Pici, CEP: 60.455-760, Fortaleza-CE, Fone:(85)98793-3123, email: elivaniaufc@gmail.com

² Prof. Doutor, Curso de Agronomia, UFTM, Iturama, MG.

³ Prof. Doutor, Departamento de Matemática, IFCE, Fortaleza-CE

⁴ Eng. Agrônomo, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE.

⁵ Graduando em Agronomia, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE.



2005).

Os atributos físicos têm sido usados com frequência para aferir os impactos causados pelos sistemas de manejo, entre eles, podemos citar: densidade do solo, compactação, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e teor de água (Pezarico et al., 2013). A porosidade total tem forte relação com a compactação e a resistência à penetração do solo, as quais tendem a aumentar com a redução do espaço poroso (Mercante et al., 2003).

Silveira et al. (2010) encontraram uma correlação negativa da umidade do solo com a resistência à penetração. Segundo esses autores, em solos arenosos, esse comportamento decorre da influência da textura do solo que resulta em rápida permeabilidade e consequente variação no conteúdo de água no solo.

A variabilidade em solos e plantas tem sido motivo de inúmeros estudos, considerando a dificuldade de sua caracterização e quantificação (Santos et al., 2018). A geoestatística, pela análise de semivariogramas, tem sido a técnica mais utilizada para a caracterização das variabilidades espacial e temporal (Carvalho et al., 2004).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a dependência espacial dos atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo no semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Ceará, *Campus* do Pici, Fortaleza/CE, nas coordenadas geográficas de 03°43'S de latitude e 38°32'W de longitude, a 19 m de altitude. O clima da região apresenta-se como tropical chuvoso do tipo Aw' conforme classificação de Koppen. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2013).

A área experimental está em processo inicial de implantação do sistema plantio direto. Em novembro de 2014, foram implantadas as forrageiras crotalária, sorgo e capim mombaça, com intuito de formar palhada para a semeadura de milho, no mês de março de 2015. As características físicas e químicas do solo da área encontram-se na Tabela 1.

As amostras de solo foram retiradas nas camadas de 0,00-0,15 m e 0,15-0,30 m. Foi delimitado dentro de uma área de 0,20 ha, uma malha regular na qual demarcou-se 54 pontos amostrais para as coletas das amostras de solo deformadas e indeformadas, bem como para determinação da resistência do solo à penetração, respeitando o espaçamento linear de 10 m entre pontos. A porosidade total (PT) foi obtida utilizando amostrador de Uhland e anéis volumétricos com capacidade de 100 cm³; a umidade do solo (US) foi determinada pelo



método termogravimétrico, ambos, utilizando método proposto por Embrapa (1997) e a resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi determinada, em cada ponto da malha, utilizando penetrômetro de impacto conforme norma da ASAE (2009).

Os atributos físicos do solo foram analisados por meio da análise geoestatística utilizando o semivariograma que estima a estrutura do solo e a dependência espacial entre as observações, por meio da equação 1.

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

em que: $\gamma^*(h)$ é o número de pares experimentais de observações; $N(h)$ o número de pares das variáveis; $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h .

Para a determinação do índice de dependência espacial (IDE) utilizou-se a equação 2 proposta por Cambardella et al. (1994) que consideram a dependência espacial forte ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$) e fraca ($IDE \geq 75\%$).

$$IDE = \frac{Co}{Co + C} \quad (2)$$

em que: IDE é o índice de dependência espacial; Co é o efeito pepita e C é o patamar.

As análises geoestatísticas foram realizadas utilizando o programa GS+ (Gamma Design Software, 2000) e a interpolação dos dados realizadas pelo método de krigagem para a confecção dos mapas por meio do programa computacional Surfer 9 (Golden Software, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 permite observar o melhor ajuste de diferentes modelos para cada atributo. A US na profundidade de 0,00-0,15 m e a RP na profundidade de 0,15-0,30 m apresentaram modelo efeito pepino puro (EPP). O EPP é característico de fenômenos de elevada aleatoriedade, considerando que há uma acentuada descontinuidade na origem do semivariograma (Isaaks & Srivastava, 1989).

A maioria dos atributos apresentaram IDE forte, variando de 0,00% a 19,62%, apenas a US e a RP não foram avaliados devidos apresentarem como modelo EPP (Tabela 2). Observa-se que os atributos estudados possuem distintos valores de alcance, variando entre 0,13 m a 8,85 m, respectivamente, US (0,15-0,30 m) e PT (0,15-0,30 m). Segundo Carvalho et al. (2003), o conhecimento do alcance da dependência espacial, permite o delineamento de futuras amostragens assegurando as mesmas condições do estudo em questão.

A análise dos dados espacial dos mapas temáticos permite observar a distribuição dos atributos físicos na área (Figura 1). Nota-se que a RP exerceu uma maior influência nos locais



onde a PT foi menor resultando na expulsão de ar dos poros, causando um rearranjo das partículas, tornando o solo mais denso, reduzindo a porosidade (Dias Júnior & Pierce, 1996).

Observa-se que a RP aumenta à medida que a PT e a US exerce uma menor influência sobre o solo, resultado já esperado, uma vez que, a RP é consequência de uma estrutura do solo degradada fisicamente, além disso, está relacionado com o teor de água contida no espaço poroso do solo (Oliveira et al., 2001). Observa-se que a RP variou de 0,5 MPa a 1,5 MPa e de 0,6 a 2,4 MPa, respectivamente, nas profundidade de 0,00-0,15 m e de 0,15-0,30 m (Figura 1). Esse aumento da RP ocorreu provavelmente devido a elevação da densidade do solo (Stone & Silveira, 2001) e do teor de argila (McBride & Watson, 1990) que foram maiores na profundidade de 0,15-0,30 m.

CONCLUSÕES

As variáveis PT, RP e US apresentaram índice de dependência espacial forte em todas as camadas avaliadas.

REFERÊNCIAS

ASAE. **Soil cone penetrometer**. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, ASAE S3139, 2009, 2p.

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**. v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

DIAS JÚNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de literatura: o processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.175-182, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed.ampl. Brasília: Embrapa Solos, 2013, 306p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+ for windows. Gamma Design Software, 2000.
GOLDEN SOFTWARE, INC. Surfer version 9. Colorado, 2010.

GREGO, C. L.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.29, n.2, p.169-177, 2005.
ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York, Oxford University Press, 1989. 561p.



McBRIDE, R. A.; WATSON, G. C. An investigation of reexpansion of unsaturated, structured soils during cycles static loading. **Soil and Tillage Research**. v.17, n.3/4, p.241-253, 1990.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, n.6, p.1149-1159, 2003.

OLIVEIRA, J. O. A. P.; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZ, A. S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.25, n.2, p.443-450, 2001.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Amazonian Journal**. v.56, n.1, p.41-47, 2003.

SANTOS, D. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; RODRIGUES, R. A. S.; ARAUJO, D. C. S.; SANTOS, C. S.; CRUZ NETO, J. F. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em vale aluvial na região de Pernambuco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.12, n.1, p.2271-2282, 2018.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n. 2, p.395-401, 2001.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da área de estudo.

Prof.(cm)	DS (g m ⁻³)	pH (H ₂ O)	M.O (%)	V (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia(%)	Classe textural
0-15	1,44	5,5	1,64	78	10,60	6,50	82,90	Franco-arenoso
15-30	1,45	5,2	1,28	69	12,80	3,80	83,40	Franco-arenoso

Legenda: Prof. – profundidade, DS – densidade do solo, MO – matéria orgânica, V- saturação por bases.

Tabela 2. Modelo e parâmetros do ajuste do variograma dos atributos físicos do solo.

Atributos	Modelo	A	Co	Co+C	IDE
PT (0,00-0,15 m)	Exponencial	2,75	0,00040	0,00358	11,17
US (0,00-0,15 m)	Efeito pepita puro	-	-	-	-
RP (0,00-0,15 m)	Exponencial	2,46	0,01240	0,06320	19,62
PT (0,15-0,30 m)	Esférico	8,85	0,00000	0,00245	0,00
US (0,15-0,30 m)	Exponencial	0,13	0,74000	9,09000	8,14
RP (0,15-0,30 m)	Efeito pepita puro	-	-	-	-

Legenda: PT – porosidade do solo (cm³. cm⁻³), US – umidade do solo (%), RP – resistência mecânica do solo à penetração (MPa), Co - efeito pepita, Co + C- patamar, A – alcance (m), IDE- índice de dependência espacial (%).

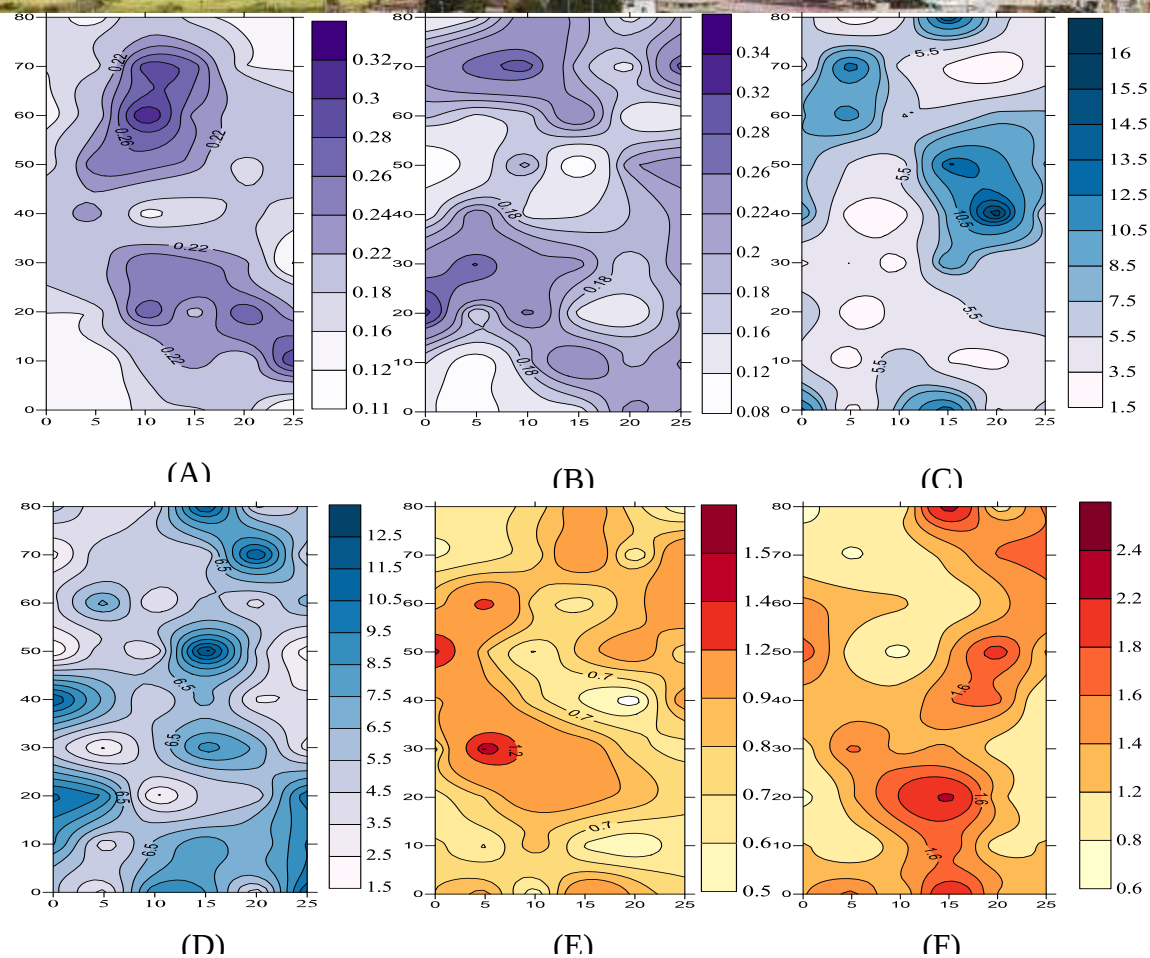


Figura 1. Mapas de isolinhas para porosidade em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (A e B), umidade em % (C e D) e resistência mecânica do solo à penetração em MPa (E e F), respectivamente, 0,00-0,15 m e 0,15-0,30 m.