

Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob irrigação por pivô central na região de Cristalina-GO

Guilherme Adalberto Ferreira Castioni⁽¹⁾; Zigomar Menezes de Souza⁽²⁾ Reginaldo Barbosa da Silva⁽³⁾

¹ Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solos; Universidade Estadual de Campinas, Avenida Cândido Rondon, nº 501, CEP 13083-875, Campinas, SP. e-mail: guilhermecastioni@hotmail.com

² Professor Doutor do Depto de Água e Solo, FEAGRI / UNICAMP. e-mail: zigomarms@feagri.unicamp.br

³ Professor Doutor do Depto de Solos, UNESP / Registro. e-mail: rbsilva@registro.unesp.br

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento da resistência do solo à penetração de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob irrigação por pivô central na região de Cristalina-GO. Visando estudar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração, foram realizadas medições do solo em intervalos regulares de 10 m, em forma de malha, totalizando 180 pontos de amostragem. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva bem como a geoestatística. A geoestatística mostrou dependência espacial, foi verificado um alto grau de compactação no solo, os níveis de compactação são restritivos ao sistema radicular das culturas.

Termos de indexação: migração de argila, compactação do solo, feijão.

INTRODUÇÃO

A compactação interfere na qualidade estrutural do solo provocando restrições ao desenvolvimento e produtividade das culturas. A forma variável do solo é reflexo da interação entre fatores e processos de formação do solo. Além desses aspectos as práticas de manejo também adicionam variabilidade a estrutura espacial do solo (Da Silva et al., 2004).

A distribuição do solo apresenta forma heterogênea de seus atributos físicos, químicos e biológicos por influência de fatores intrínsecos de relevo ou da relação solo paisagem. Esta característica é observada a uma pequena amplitude de espaço podendo inferir no seu comportamento e em decorrência na produtividade da cultura (Amaro Filho et al., 2007).

Estudos demonstram que as geoformas da paisagem também controlam o movimento de água (divergência e convergência), influenciando e condicionando ambientes erosionais e depressionais e contribuindo para o aumento da variabilidade espacial no solo. Portanto, trabalhos sobre a posição e composição do solo na paisagem podem esclarecer as alterações ocorridas nos processos geomórficos, fator que influencia de forma direta na variabilidade espacial de atributos do solo (Polyakov & Lal, 2005).

A ferramenta geoestatística é muito explorada para o estudo da variabilidade espacial do solo, por propiciar resultados baseados na estrutura espacial do solo e atributos envolvidos, levando em consideração a dependência espacial entre vizinhos, de acordo com a escala amostral (Vieira, 2000).

Na agricultura de precisão são necessários princípios e ações de manejo de acordo com a variabilidade do terreno, demandando por novas técnicas para mapear a variabilidade espacial em diferentes escalas. O avanço em busca da qualidade da estimativa é condicionado pela escolha do método de interpolação. Portanto, estudos investigativos devem ser desenvolvidos no âmbito de melhorar a aplicação das técnicas fornecidas pela ferramenta geoestatística.

O objetivo do trabalho foi caracterizar e estudar o comportamento da resistência do solo à penetração de um Argissolo Vermelho-Amarelo ao longo do declive irrigado por pivô central na região de Cristalina-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na região de Cristalina-GO, em área irrigada sob pivô central, com coordenadas geográficas de 16°53'35,59" de latitude sul e 47°32'16,75" de longitude oeste, 1.021 m de altitude. O clima é o tropical com estação seca (Aw), pelo critério de classificação climática de Köppen, tendo verão suave e inverno ameno, com diminuição de chuvas. A área apresenta altitude de 1.025 m e está sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006).

As medições foram feitas nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos regulares de 10 m em três posições ao longo do declive, sob um pivô central. Em cada posição topográfica, ou seja, terço superior, médio e inferior da encosta, foram coletados 60 pontos perfazendo o total de 180 pontos (Figura 1). Cada ponto da malha amostral foi georreferenciado, determinando a posição topográfica e altitude, com o auxílio de uma estação total e DGPS.

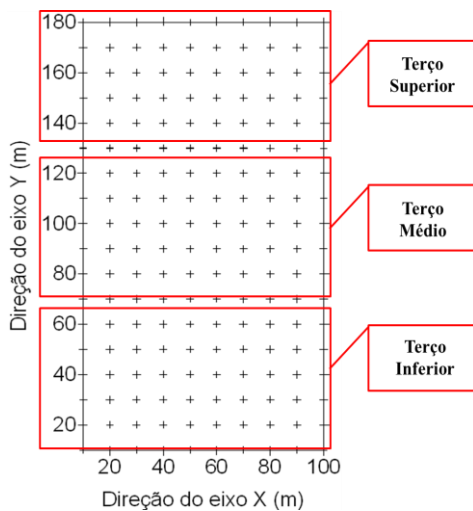


Figura 1 – Estratificação da encosta demarcadas as posições: Terço superior, terço médio e inferior da encosta.

O teor de água no solo foi obtido pelo método gravimétrico em amostras deformadas (Embrapa, 1997). Para determinação da resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, descrito por Stolf (1991), com um ângulo de cone de 30°. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência à penetração foi obtida pela fórmula dos holandeses, segundo Stolf (1991), descrita na equação 1.

$$RP = \frac{(Mg+mg) + \left(\frac{M}{M+m} \cdot \frac{Mg \cdot h}{x} \right)}{A}$$

Em que: RP - resistência mecânica do solo à penetração, kgf cm⁻²; M - massa do êmbolo (4 kg) m - massa do aparelho sem êmbolo (3,2 kg); h - altura de queda do êmbolo, 40 cm; x - penetração da haste do aparelho, cm impacto⁻¹; A - área do cone, 1,29 cm², e g - aceleração da gravidade (9,8 m s⁻²).

A variabilidade espacial dos atributos físicos do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise exploratória dos dados, calculando-se a média, mediana, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas (Vieira, 2000), com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca.

Os modelos de semivariogramas considerados foram o esférico, o exponencial, o linear e o gaussiano, sendo ajustados por meio do programa GS⁺ (Robertson, 1998). Posteriormente, tais

modelos foram usados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, foi considerado o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa Surfer (Golden Softwar, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à estatística descritiva revelaram normalidade dos dados para a variável, resistência do solo à penetração (Tabela 1). Concordando com os resultados obtidos por Santos et al. (2012) que também encontraram normalidade para essas variáveis trabalhando com um Latossolo Vermelho após cultivo de soja. Quanto ao CV, segundo o critério de Warrick e Nielsen (1980) foi alto para todas as camadas estudadas.

A variável resistência do solo à penetração obteve apresentou um alcance de 23,70 m na profundidade de 0,0-0,10 m e nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, valores de 139,00 e 99,30 m, respectivamente (Tabela 2), valores que superaram os alcances obtidos por Carvalho et al. (2006) que correlacionaram a resistência do solo à penetração com a produtividade do feijoeiro sob Latossolo Vermelho e obtiveram alcances variando entre 64 e 67 m. O modelo esférico ajustou aos dados de resistência do solo à penetração nas diferentes profundidades estudadas, segundo Mendes et al. (2008) os modelos esférico e exponencial são os que mais se adequam a variáveis no estudo da ciência do solo.

Verifica-se que na profundidade de 0,00-0,10 m a classe dominante no terço superior e médio está entre 2,4 e 3,2 MPa, enquanto no terço inferior da encosta os valores estão entre 4,0 e 5,6 MPa (Figura 1). Na profundidade de 0,10-0,20 m, os valores de maior ocorrência no terço superior e médio estão entre 3,5 a 5,2 MPa, enquanto no terço inferior da encosta os valores estão entre 5,2 a 8,6 MPa. Na profundidade de 0,20-0,30 m, os valores predominantes no terço superior e médio estão entre 4,0 e 6,5 MPa, enquanto no terço inferior da encosta estão entre 6,5 e 9,0 MPa. Trabalhos de De Maria et al. (1999) e Tavares Filho et al. (2001) comparando o sistema plantio convencional e direto constataram que as menores diferenças de RP nos sistemas de preparo se refletem na camada superficial do solo.

Observa-se um aumento da RP em profundidade e no terço inferior da encosta (Figura 1). Esses resultados são consequência da desagregação do solo associada a alterações eletroquímicas, seja

pelo PCZ ou carga líquida negativa, que favorece a dispersão de argila e desestruturação de agregados do solo, influenciadas pela calagem ou pelos ciclos de umedecimento e secagem e ainda pelo uso indiscriminado de irrigação ao solo. Portanto, todos esses fatores podem explicar a formação de camadas compactadas no perfil do solo (Prado, 2003).

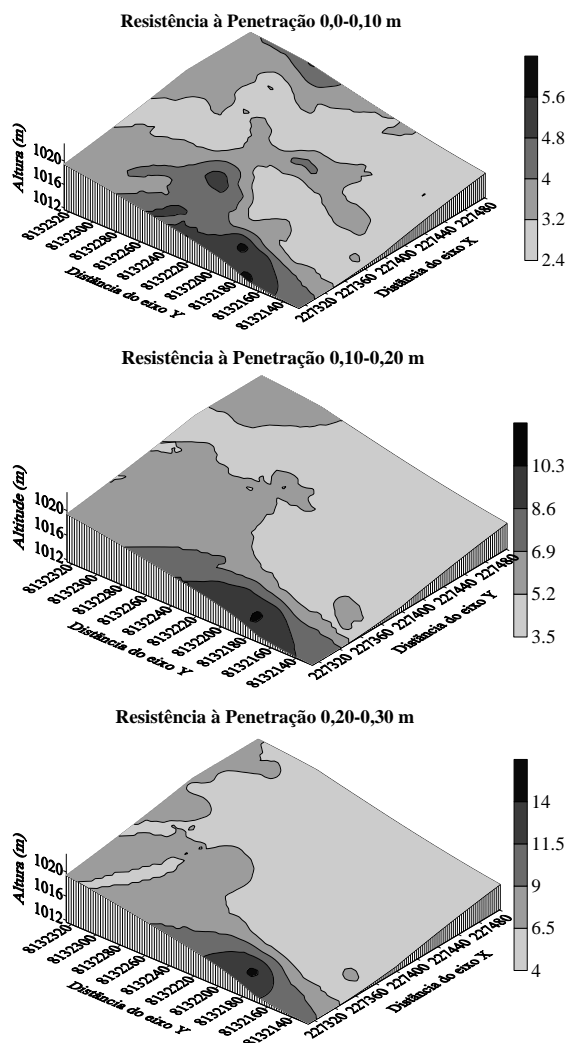


Figura 2 – Mapas da resistência do solo à penetração (MPa), nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

CONCLUSÕES

A geoestatística mostrou dependência espacial para os atributos físicos estudados. Foi verificado um alto grau de compactação no solo, os níveis de compactação são restritivos ao sistema radicular das culturas.

REFERÊNCIAS

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R. F. D.; ASSIS JUNIOR, R. N. et al. Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:415-422, 2007.

CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S. et al. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 45:765-771, 2006.

DA SILVA, V.R; REICHERT, J.M. & REINERT, DALVAN, J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. *Ciência Rural*, 34:868-878, 2004.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. & SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:703-709, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, Estados Unidos). Surfer for windows: release 7.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide. New York, 1999. 619p.

MENDES, A.M.S.; FONTES, R.L.F. & OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino no estado do Rio Grande do Norte. *Revista Ciência Agronômica*, 39:19-27, 2008.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-sul do Brasil. *Reunião Brasileira de Conservação da Água e do Solo*. Cuiabá, 2003.

POLYAKOV, V. & LAL, R. Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environment International*, 30:126-136, 2004



ROBERTSON, G. P. GS⁺: Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design software, Plainwell, Michigan, p.152, 1998.

SANTOS, D.; SOUZA, E. G.; NÓBREGA, L. H. P.; BAZZI, C. L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Variabilidade espacial de um Latossolo Vermelho após cultivo de soja. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16:1415-1425, 2012.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 15:229-235, 1991.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (Zea mays) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:725-730, 2001.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H. & SCHAEFER, G. R. (eds.). Tópicos em Ciência do Solo. v.1, 2000, p.1-54.

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. p.319-344.

Tabela 1. Estatística descritiva para o atributo resistência do solo à penetração (RP), nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Variável	Prof. (m)	Média	Mediana	¹ CV	Assimetria	Curtose	² PV ¹
RP	0,0-0,1	3,73 b	3,31	41,48	1,44	1,89	<0,0100
	0,1-0,2	5,97 a	5,38	45,95	2,76	9,28	<0,0100
	0,2-0,3	7,32 a	5,33	66,43	2,72	8,39	<0,0100

¹CV = coeficiente de variação. ²PV¹ = Teste de Komogorov-Smirnov.

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para ao atributo resistência do solo à penetração-RP (MPa) nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Variável	Prof. (m)	Modelo ⁴	¹ C ₀	Patamar	² C ₀ /C ₀ +C ₁	³ R ²	Alcance
RP	0,0-0,1	Esférico	0,72	1,47	0,50	0,87	23,70
	0,1-0,2	Esférico	1,92	4,26	0,54	0,92	139,00
	0,2-0,3	Esférico	1,87	5,40	0,65	0,90	99,30

¹c₀ = efeito pepita; ²c₀/c₀+c₁ = grau de dependência espacial; ³r² = coeficiente de determinação; ⁴exp = exponencial, esf = esférico.