

O USO DA GEOESTATÍSTICA NA AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA DE CULTIVO DE SOJA

JOÃO CARLOS DE SOUZA MAIA¹, DELMONTE ROBOREDO², EDNALDO CARVALHO GUIMARÃES³, MICHELY ELIANE KIM⁴

¹. Eng.º Agrônomo, Professor Doutor do Departamento de Solos e Engenharia Rural -FAMEV/UFMT, Fone: (065) 3615-8999, jotace@terra.com.br;

². Mestre, Professor interino da UNEMAT campus de Alta Floresta;

³. Doutor em Eng.ª Agrícola, Professor da Faculdade de Matemática - UFU/MG;

⁴. Eng.ª Agrônoma, Mestranda em Agricultura Tropical – FAMEV/UFMT

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB**

RESUMO: O conhecimento da variação espacial dos atributos do solo pode contribuir para o planejamento e otimização na condução de experimentos, bem como para o planejamento de lavouras comerciais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico sob cultivo de soja. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Santa Rosa, município de Nova Mutum, MT, Brasil. As parcelas trabalhadas foram delimitadas por meio de um grid de 100 X 50 m, totalizando 45 parcelas amostrais. Foram estudados os seguintes atributos: resistência mecânica do solo à penetração, densidade e teor de água do solo, em duas profundidades (0,0 – 0,10 m e de 0,10 – 0,20 m). O manejo no solo alterou a dependência espacial dos atributos do solo na camada superficial de forma a aumentar a variabilidade dos atributos físicos do solo em relação à camada mais profunda.

PALAVRAS-CHAVE: VARIABILIDADE ESPACIAL, DENSIDADE, TEOR DE ÁGUA.

USE OF GEOSTATISTICS TO EVALUATE PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL IN A SOYBEAN CULTIVATION SYSTEM

ABSTRACT: Knowledge on spatial dependence characterization of soil properties can help plan and optimize research studies, and be used for commercial agricultural cultivation. The objective of this work was to evaluate the spatial variability of physical attributes of a RHODIC HAPLUSTOX under soybean cultivation. The research was carried out at Fazenda Santa Rosa, in the township of Nova Mutum, MT, Brazil. The experimental plots were delimited by a 100 × 50 m grid, totaling 45 sampling plots. The following attributes were studied: soil mechanical resistance to penetration, bulk density, and water content of soil, at two depths (0.0 – 0.10 m and from 0.10 – 0.20 m). Soil management changed the spatial dependence of the soil attributes on the surface layer, increasing the variability of the soil's physical attributes in relation to the deeper layer.

KEYWORDS: SPATIAL VARIABILITY, DENSITY, WATER CONTENT

INTRODUÇÃO: O estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo é particularmente importante em áreas onde ele está submetido a diferentes manejos. A análise geoestatística pode indicar alternativas para a redução dos efeitos da variabilidade sobre a produção das culturas (Trangmar et al., 1985) e aumentar a possibilidade de se estimar respostas em função de determinadas práticas de manejo (Ovalles e Rey, 1994). Além disso, a eficácia da estratégia de amostragem do solo pode ser aumentada (Brus, 1993), pois o preparo do solo não é uniforme em toda área, e a

geoestatística permite a descrição da dependência espacial dos atributos. O semivariograma é a ferramenta da geoestatística que permite verificar e modelar a dependência espacial de uma variável (Guimarães, 2004). Esse trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi conduzida na Fazenda Santa Rosa (Coordenadas UTM 0597329; 8454462), no município de Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. O clima da região é do tipo Aw, tropical úmido, segundo a classificação de Köppen. O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, sob sistema de cultivo de soja. O plantio tem sido realizado em sistema cultivo mínimo e eventualmente convencional. Foram delimitadas 45 parcelas, por meio de uma malha de 100 X 50 m, em cada uma foram coletados dados de resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), com o uso de um penetrógrafo eletrônico manual desenvolvido pelos pesquisadores da FAMEV/UFMT/FEAGRI/UNICAMP (Bianchini et al., 2002); de densidade e teor de água do solo, por meio de amostras indeformadas em anéis de Kopeck (Kiehl, 1979), em duas profundidades (0,0 – 0,10 m e de 0,10 – 0,20 m). As análises foram feitas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997). Os dados foram armazenados em planilha eletrônica Excel 2000 da Microsoft e importado para o programa GS+ 5.0.3 Beta (Geostatistics Gamma Design Software) utilizando análise bidimensional com uso das coordenadas X e Y para cada observação. Foi abordado o recurso da geoestatística para análise espacial de dados, com ênfase na análise de semivariograma proposto por Guimarães (2004), sendo que a função de semivariância foi determinada pela equação:
$$Y(h) = \frac{1}{2} N(h) \times \sum [Z(x_i) - Z(x_j) - Z(x_i)]^2$$
, onde: Y(h) – semivariância; N(h) - nº de pares de observações; Z(xi); Z(xi + h) - coordenadas dos pontos e h - distância entre os pares de observações (x+h), (x).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas dos atributos físicos do solo (densidade, teor de água e RMSP), nas profundidades de 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m. Nota-se que os valores de média, mediana e moda estão relativamente próximos, indicando tendência à simetria na distribuição dos atributos em relação às respectivas médias. Os coeficientes de assimetria e curtose relativamente próximos a zero revelam que os dados tendem à distribuição normal. Guimarães (2004) argumenta que a distribuição normal dos dados não é um requisito básico para a aplicação da geoestatística, entretanto, variáveis que apresentam uma assimetria acentuada, tendem a dificultar o ajuste do semivariograma. Analisando os valores dos coeficientes de variação, percebe-se que os mesmos são maiores na profundidade de 0,0 a 0,10 m para todos os atributos, sendo que o maior coeficiente de variação foi de 47,22 % para a RMSP e o menor foi de 4,59 % para o teor de água do solo (TA) na profundidade de 0,10 a 0,20 m.

Tabela 1. Estatísticas das variáveis, densidade do solo (Ds), teor de água do solo (TA) e resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), nas profundidades de 0,00 a 0,10 m (Prof 1) e 0,10 a 0,20 m (Prof 2).

ESTATÍSTICAS										
	Prof	Média	Mediana	Moda	Dp	CV (%)	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo
Ds (g/cm ³)	1	1,36	1,36	1,26	0,13	9,61	-0,81	-0,13	1,1	1,62
	2	1,42	1,45	1,51	0,11	7,4	-0,13	-0,57	1,17	1,6
TA (kg.kg ⁻¹)	1	26,23	26,59	--	2,07	7,9	3,98	0,66	21,34	33,86
	2	24,39	24,5	--	1,12	4,59	0,52	0,25	22,27	27,56
RMSP (MPa)	1	1,18	1,09	--	0,56	47,22	0,53	0,87	0,27	2,76
	2	1,96	1,97	--	0,62	31,36	-0,85	-0,15	0,8	3,06

Dp – Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação.

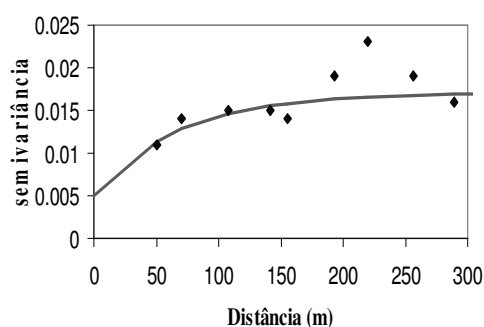
Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros dos modelos e grau de dependência espacial dos semivariogramas ajustados aos atributos avaliados. Para a profundidade 0,10 a 0,20 m ocorreu um predomínio do modelo gaussiano, a exceção foi para o teor de água que, assim como no caso da profundidade de 0,0 a 0,10 m, apresentou efeito pepita puro. A RMSP foi o atributo que apresentou a maior amplitude de alcances, variando de 170 m (profundidade de 0,0 a 0,10 m) a 220 m (profundidade de 0,10 a 0,20 m). Comparando o comportamento espacial desse atributo nas duas profundidades, percebe-se que o mesmo é diferente e que existe uma tendência da profundidade de 0,10 a 0,20 m apresentar maiores alcances da dependência espacial. Segundo Salviano et al. (1998), a camada superficial do solo é mais afetada pelo processo de revolvimento causado pela sua mecanização, pelo manejo, assim como também pelo manejo das culturas e a inevitável erosão. A densidade apresentou alcance de 200 m para as duas profundidades.

Tabela 2. Parâmetros do modelo e grau de dependência espacial dos semivariogramas ajustados aos atributos físicos: densidade do solo (Ds), resistência mecânica do solo a penetração (RMSP) e teor de água do solo (TA), nas profundidades de zero a 0,10 m (Prof 1) e de 0,10 a 0,20 m (Prof 2).

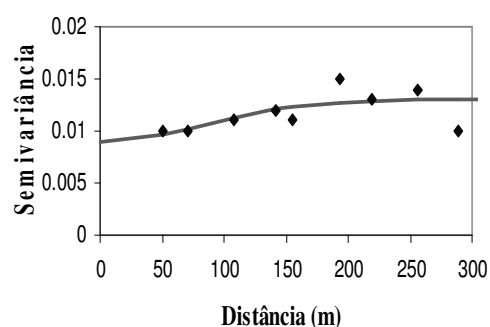
(Prof 2).						
Prof 1						
Atributos	C ₀	C ₁	A	Alcance	IDE	Modelo
Ds (kg.dm ⁻³)	0,005	0,012	-	200	29	Exponencial
RMSP(MPa)	0,12	0,26	0,0015	170	32	Linear
TA (kg.kg ⁻¹)	Efeito Pepita Puro					
Prof 2						
Ds (kg.dm ⁻³)	0,009	0,004	-	200	69	Gaussiano
RMSP (MPa)	0,30	0,10	-	220	75	Gaussiano
TA (kg.kg ⁻¹)	Efeito Pepita Puro					

C₀ + C₁ – patamar; A – inclinação da reta; Alcance (m); IDE - $([C_0/C_0+C_1] \times 100)$.

O indicativo da dependência espacial (IDE) é dado por $([C_0/C_0+C_1] \times 100)$, conforme Tringmar et al. (1985). Para analisar o grau de dependência espacial dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um IDE $\leq 25\%$ do patamar; de dependência espacial moderada, quando o IDE está entre 25 e 75%, e dependência fraca, quando o IDE é $> 75\%$. Sendo assim, percebe-se que os atributos apresentaram dependência moderada, com valores menores na profundidade de 0,0 a 0,10m (Tabela 2). As Figuras 1 e 2 ilustram os semivariogramas dos atributos que apresentaram modelo. Uma aplicação imediata desses semivariogramas seria a utilização das informações geradas para a estimativa de dados e posterior mapeamento dessas variáveis (Guimarães, 2004). As análises das semivariâncias revelam a existência de uma tendência de mudança de comportamento do semivariograma na distância de aproximadamente 150 a 200 m, para a densidade e RMSP. Isso pode ser explicado pela declividade da área estudada e pela variação do tipo e da intensidade do manejo do solo.

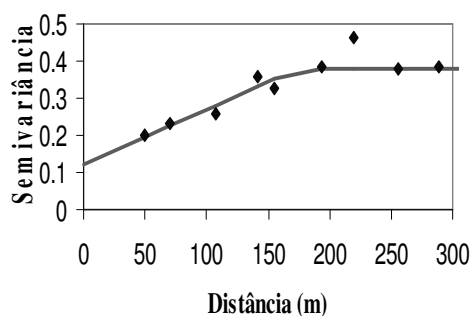


Ds (kg.dm⁻³) 0,0 a 0,10 m - Modelo Exponencial

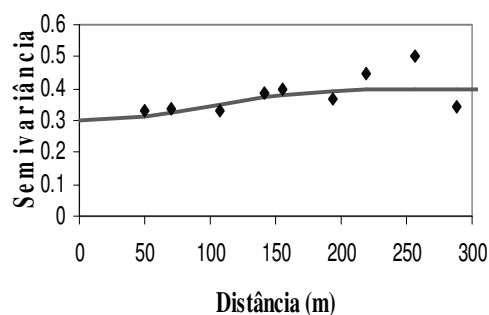


Ds (kg.dm⁻³) 0,10 a 0,20 m - Modelo Gaussiano

Figura 1. Semivariogramas da densidade (Ds) nas profundidades 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m.



RMSP (MPa) 0,0 a 0,10 m - Modelo Linear com patamar



RMSP (MPa) 0,10 a 0,20 m - Modelo Gaussiano

Figura 2. Semivariogramas da resistência mecânica do solo a penetração (RMSP) nas profundidades 0,0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m.

CONCLUSÕES: Existe maior variabilidade dos atributos na camada de 0,0 a 0,10 m. A RMSP foi o atributo que apresentou maior amplitude de alcances entre as profundidades estudadas, sendo o menor na camada de 0,0 a 0,10 m.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BIANCHINI, A.; et al. Penetrógrafo eletrônico automático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, 2002. p.332-336
- BRUS, D. Incorporating models of spatial variation in sampling strategies for soil. 1993. Tese (Doutorado) - Agricultural University, Wageningen, 1993.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.58, p.1501-1511, 1994.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.
- GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. Apostila do Núcleo de Estudos Estatístico e Biométricos. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2004. 76p.
- KIEHL, A. J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.
- OVALLES, F.; REY, J. Variabilidad interna de unidades de fertilidad en suelos de la depresión del Lago de Valencia. *Agron. Trop.*, Maracay, v.44, p.41-65, 1994.
- SALVIANO, A. A. C. et al. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* (L.) em área severamente erodida. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.22, n1, p.115-122, 1998.
- TRANGMAR, B. B. et al. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.*, San Diego, v.38, p.45-94, 1985.
- VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial de potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p.405-412, 1995.
- WEBSTER, R.; OLIVIER, M. A. Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford: Oxford University Press, 1990.