

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS E MECÂNICOS DO SOLO NA CULTURA DO CAFÉ

KONDO, M.K.<sup>1</sup>; DIAS JUNIOR, M.S.<sup>2</sup>; OLIVEIRA, M.S.<sup>3</sup> e GUIMARÃES, P.T.G.<sup>4</sup>

- Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-CBP&D/Café-

<sup>1</sup> Aluno de Pós-Graduação em Ciência do Solo CPGSNP/DCS/UFLA, Cx. P. 37, 37200-000, Lavras-MG, <marcoskondo@uol.com.br>; <sup>2</sup> Professor DCS/UFLA Lavras-MG; <sup>3</sup> Professor DEX/UFLA Lavras-MG; <sup>4</sup> Pesquisador EPAMIG/CTSM Lavras-MG

**RESUMO:** A variabilidade espacial de alguns atributos físicos e mecânicos do solo (densidade de partículas, textura, pressão de preconsolidação e índice de compressão) foi estudada em um Latossolo Vermelho, sob pivô central, cultivado com café, no município de Patrocínio-MG. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas (anel volumétrico) na camada superficial (0-0,05 m), em transectos, com duas direções: no sentido das linhas de cultivo e perpendicularmente. Os semivariogramas indicaram a presença de dependência espacial, com modelo esférico para a densidade de partículas e índice de compressão na umidade de 0,25 kg kg<sup>-1</sup>, com alcance superior a 30 m para ambos, e modelo linear (sem alcance definido) para o teor de areia. Para os demais atributos, a análise geoestatística não indicou dependência espacial. A determinação de parâmetros geoestatísticos permitirá a elaboração de mapas de trafegabilidade através da amostragem em malha e posterior krigagem dos dados para predição da capacidade de suporte de carga do solo.

**Palavras-chave:** solo, café, física do solo, compactação, variabilidade espacial, semivariograma.

### SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ATTRIBUTES ON COFFEE CROPS

**ABSTRACT:** The spatial variability of some physical and mechanical soil properties (particle density, particle size distribution, preconsolidation pressure and compression index) was studied in a Red Latosol, under central pivot system, cultivated with coffee, in the county of Patrocínio, Minas Gerais State, Brazil. Disturbed and undisturbed soil samples were collected in the layer of 0-0,05 m, in transects, in two directions: in the crop lines and perpendicularly. The variograms indicated the presence of spatial dependence, with spherical model for the particle density and compression index in the soil moisture of 0,25 kg kg<sup>-1</sup>, with range over 30 m for both, and lineal model (without defined range) for the sand. For the other attributes the geostatistical analysis did not indicate spatial dependence. The determination of

geostatistical parameters will allow the elaboration of trafficability maps through the sampling in mesh and subsequent kriging of the data for prediction of the load support of capacity of the soil.

**Key words:** soil, coffee, soil physics, compaction, spatial variability, variogram.

## INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico no sistema de cultivo do café pode submeter o solo ao tráfego indiscriminado de máquinas, as quais podem causar compactação excessiva, promovendo degradação estrutural do solo e, conseqüentemente, redução da produtividade. Essa redução pode estar relacionada com as alterações espaciais de atributos físicos do solo, como a pressão de preconsolidação e o índice de compressão.

A suscetibilidade do solo à compactação torna-se crítica todas as vezes que as pressões aplicadas ao solo excederem a sua pressão de preconsolidação, a qual é uma função da umidade (Dias Junior & Pierce, 1995; Kondo, 1998). Em geral, solos secos possuem alta capacidade de suporte de carga, tornando o processo de compactação sem importância. Entretanto, quando o solo está úmido, sua capacidade de suporte de carga é baixa, tornando-o vulnerável ao processo de compactação (Larson et al., 1980).

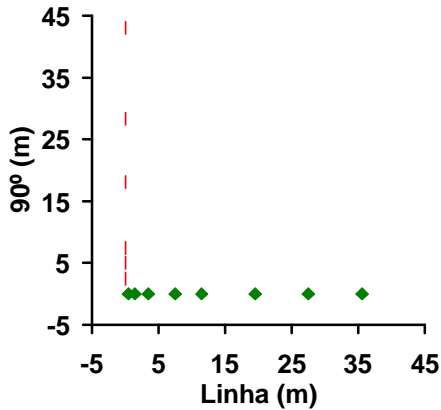
Assim, o monitoramento da variação da pressão de preconsolidação em função da umidade para determinada classe de solo, submetida a um determinado manejo, poderia ser usado como subsídio na tomada de decisão sobre executar ou não uma operação mecanizada e, conseqüentemente, em trafegar ou não uma área de cultivo de café. Para isso, faz-se necessária a construção de mapas de trafegabilidade que considerem a variabilidade dos parâmetros físicos e mecânicos do solo.

O uso da geoestatística no estudo da variabilidade espacial dos atributos físicos e mecânicos do solo permite a identificação da dependência espacial dos dados, possibilitando o desenvolvimento de mapas de distribuição desses atributos no campo, através da técnica de krigagem que faz uso da interpolação com estimador não-tendencioso e variância mínima.

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial dos atributos físicos e mecânicos do solo através do uso da geoestatística, identificando a estrutura de dependência espacial dos dados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho, sob pivô central, cultivado com café (6 anos), no município de Patrocínio-MG. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas (anel volumétrico) na camada 0-0,05 m, em transectos, com duas direções: linhas de cultivo e perpendicularmente (Figura 1).



**Figura 1** - Distribuição dos pontos de coleta em dois transectos.

As análises físicas realizadas foram: densidade de partículas (Dp) (Blake & Hartge, 1986), análise granulométrica (Day, 1965) e ensaio de compressibilidade (Bowles, 1986, modificado por Dias Junior, 1994). A análise geoestatística com a construção de semivariogramas foi realizada com o software Variowin v. 2.2 (Pannatier, 1996).

## RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

Para a comparação dos dados com a distribuição normal, são apresentados os valores de simetria e curtose no Quadro 1.

**Quadro 1** - Momentos estatísticos para densidade de partículas (Dp) ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), teor de areia ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e índice de compressão (m) na unidade de  $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$

	Média	Desvio-Padrão	CV	Mínimo	Máximo	Curtose	Assimetria
Dp	2,55	0,027	1,07	2,48	2,59	2,3036	-1,3765
Areia	326	27,176	8,32	290	382	-0,3662	0,6556
M	0,20	0,046	22,67	0,15	0,30	0,4065	1,1997

Houve dispersão mínima dos dados de densidade de partículas em relação à média, ao contrário do índice de compressão, cujo valor do coeficiente de variação (CV) é considerado alto (Gomes, 1987).

Observando os valores do coeficiente de curtose (em que uma maior normalidade corresponde a valores de curtose próximos de zero), pode-se verificar a ausência de normalidade para a Dp. Além disso, pode-se verificar no Quadro 1 a ausência de simetria na distribuição normal para a Dp e o índice de compressão.

No estudo da variabilidade espacial para atributos físicos, foi verificada a presença de dependência espacial, através da construção de semivariogramas. Para isso, não foi considerada a direção dos vetores  $h$ , assumindo-se implicitamente a isotropia (variabilidade idêntica em todas as direções) (Vieira, 2000).

Para as variáveis Dp e índice de compressão na umidade de  $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$ , foi ajustado o modelo esférico com patamar e alcance acima de 30 metros, indicando uma tendência de estacionariedade para os dados (Figuras 2 e 3). Não foi verificada presença do efeito pepita para o índice de compressão (Figura 3). A existência do patamar indica a distância a partir da qual a variância aproxima-se assintoticamente do máximo. O alcance expressa a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (acima de 30 m).

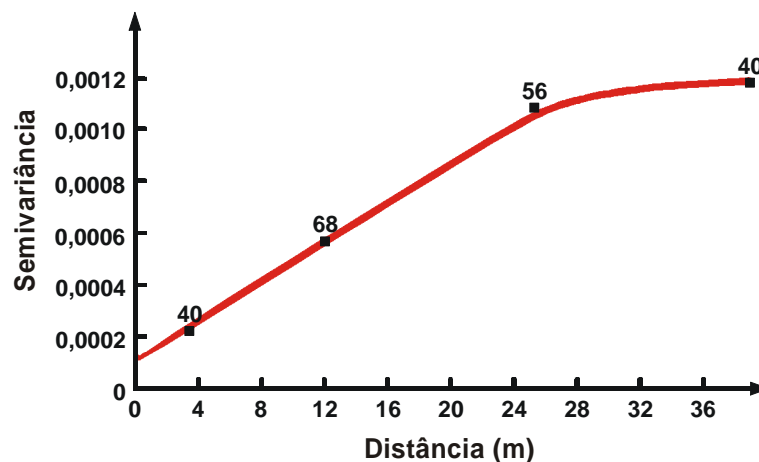
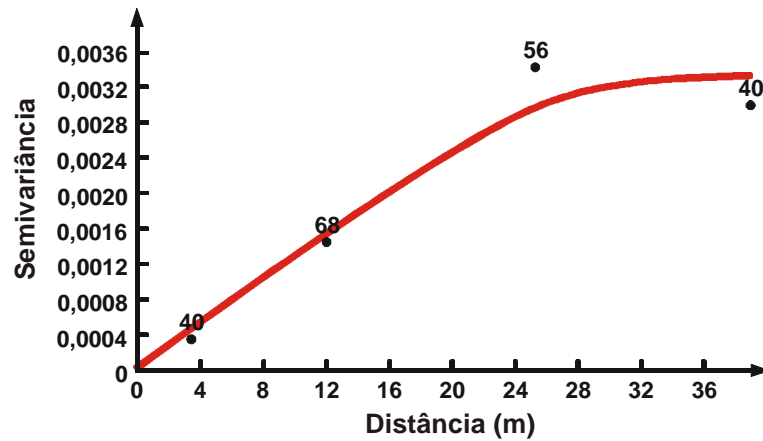


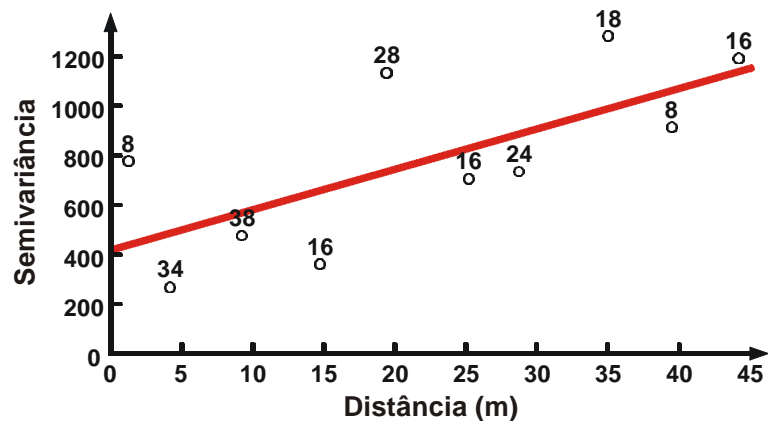
Figura 2 - Semivariograma para a densidade de partículas.



**Figura 3** - Semivariograma para o índice de compressão na umidade de  $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Para o teor de areia, foi ajustado o modelo linear, sem alcance definido, indicando ausência de estacionariedade para os dados (Figura 4). A presença do efeito pepita indica uma descontinuidade do semivariograma próxima à sua origem, expressando tanto a variabilidade para uma escala menor que o intervalo de amostragem quanto a existência de variação não-espacial.

Para os demais atributos, a análise geoestatística não identificou estrutura de dependência espacial.



**Figura 4** - Semivariograma para o teor de areia.

Os modelos lineares indicam fenômenos com capacidade infinita de dispersão, com covariância não definida devido à variância não-finita (não há um limite com alcance e patamar definidos para os valores no espaço). Dessa forma, fica impossibilitada a identificação da distância mínima para independência espacial dos valores.

Para melhor esclarecimento da dependência espacial, faz-se necessária a construção de semivariogramas direcionais para as variáveis em estudo. Além do aprofundamento das análises através do uso do semivariograma cruzado. Esses semivariogramas, além de fornecerem informações a respeito da anisotropia e medidas de correlação entre as distâncias  $h$ , poderão ser utilizados no estimador e na variância de krigagem.

A utilização da krigagem permitirá, a partir de observações coletadas em um *grid* regular, informações para toda a área de estudo, viabilizando a construção de mapas de trafegabilidade com isolinhas de pressão de preconsolidação em função da umidade do solo.

### CONCLUSÕES

- Foi observada dependência espacial, com modelo esférico, para a densidade de partículas e o índice de compressão na umidade de 0,25 kg kg<sup>-1</sup> e modelo linear para o teor de areia.
- Faz-se necessária a continuidade dos estudos sobre variabilidade espacial, através da construção de semivariogramas direcionais e cruzados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A., eds. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, Am. Soc. Agri., 1986. p.363-3375 (Agronomy, 9)
- BOWLES, J.A. Engineering properties of soils and their measurements. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1986. 218p.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., (ed.). Methods of soil analysis. Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.545-567.
- DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. East Lansing, Michigan State University, 1994. 114p. (Tese de Doutorado)
- DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technol.**, 8:139-151, 1995.

GOMES, F.P. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 3.ed., Piracicaba, Potafos, 1987, 162p.

KONDO, M.K. Compressibilidade de três latossolos sob diferentes usos. Lavras, UFLA, 1998. 105p.  
(Dissertação de Mestrado)

LARSON, W.E.; GUPTA, S.C. & USECHE, R.A. Compression of agricultural soils from eight soils orders. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 44:450-457, 1980.

PANNATIER, Y., VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D, Springer-Verlag, New York, NY, 1996.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, SBCS, p.1-54, v.1, 2000.