
ANÁLISE ESPACIAL DO TEOR DE ARGILA E UMIDADE GRAVIMÉTRICA, EM DIFERENTES CAMADAS DE PROFUNDIDADE, EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

CARVALHO, Luis Carlos Cirilo¹

SILVA, Fábio Moreira da²

FERRAZ, Gabriel Araújo e Silva²

SILVA, Flávio Castro da³

Recebido em: 2014.01.16

Aprovado em: 2014.09.16

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1036

RESUMO: Nos últimos anos, muitos produtores rurais vêm buscando adotar a agricultura de precisão para aumentar a eficiência de seus sistemas produtivos, por meio da identificação da variabilidade que afeta a produtividade das plantas. Um dos fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento de plantas é a umidade do solo, influenciada por vários fatores, dentre eles o teor de argila presente no solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar, por estatística descritiva e geoestatística, a variabilidade da umidade gravimétrica e do teor de argila de uma lavoura cafeeira em Três Pontas - MG, em diferentes camadas de profundidade. Para todas as variáveis avaliadas, não foi possível identificar a variabilidade existente na lavoura apenas por meio da estatística descritiva. Em relação à geoestatística, todas as variáveis apresentaram dependência espacial forte, permitindo a criação dos mapas temáticos. Comparando-se os mapas temáticos, observou-se que regiões que apresentam o menor teor de argila possuem menores valores de umidade gravimétrica.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Geoestatística. Retenção de água.

SUMMARY: In recent years, many farmers are seeking to adopt precision agriculture to increase the efficiency of their production systems, by identifying the variability that affects the yield. One of the most limitations to the growth and development of plants factors is soil moisture, influenced by many factors, including soil clay content. This study aimed to evaluate, using descriptive statistics and geostatistics, the variability of gravimetric soil moisture and clay content of a coffee farm in Três Pontas – MG, in different layers of depth. For all variables, it was not possible to identify the variability in the crop only through descriptive statistics. Regarding geostatistics, all variables showed a strong spatial dependence, allowing the creation of thematic maps. Comparing thematic maps, it was observed that regions with the lowest clay content have lower values of gravimetric moisture.

Keywords: Precision agriculture. Geostatistics. Water retention.

INTRODUÇÃO

Um novo tipo de manejo que vem sendo adotado nas lavouras é a agricultura de precisão, que une relações de espaço e tempo aos fatores que controlam a produção das culturas. Mas, para tanto, é preciso conhecer de forma detalhada como estes fatores se distribuem ao longo da área, de modo a permitir que o manejo seja feito no local correto e na intensidade adequada.

Os mapas gerados na agricultura de precisão permitem ao produtor rural um conhecimento mais detalhado de sua propriedade, permitindo criar estratégias de manejo mais eficientes. Entretanto, a criação de mapas só é possível quando identificada a variabilidade espacial. A geoestatística identifica a variabilidade espacial de uma dada variável na lavoura por meio do ajuste de semivariogramas e, permite a criação de mapas temáticos por meio de interpolação por krigagem.

¹ Professor Universidade Paranaense/UNIPAR - Sede, luiscarloscirilo@unipar.br

² Professor Universidade Federal de Lavras/UFLA

³ Professor da Universidade Federal Fluminense

Dentre os fatores limitantes para alcançar uma produtividade elevada está a umidade do solo. A água é responsável por processos metabólicos e também por transporte de nutrientes do solo para a planta. A retenção de água pelo solo depende de propriedades como: capilaridade (influenciada pela estrutura/compactação do solo); e adsorção (influenciada pela textura e composição mineralógica do solo).

Um dos desafios atualmente na agricultura de precisão é encontrar malhas de amostragem que realmente representem com exatidão as condições encontradas na lavoura. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar a umidade gravimétrica do solo e o teor de argila, utilizando estatística descritiva e geoestatística, em diferentes camadas de profundidade, em uma malha irregular de 24 pontos amostrais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda Brejão, em um Latossolo Vermelho Distrófico - LVd de textura argilosa localizada no município de Três Pontas - Minas Gerais. A área experimental possui 10,52 ha cultivados com café (*Coffea arabica* L.) cultivar Mundo Novo 376/4. A coleta dos dados foi feita em uma malha irregular de 24 pontos, demarcados pelo uso de um GPS de navegação. A maior distância entre dois pontos foi de 377,5 metros e a menor distância igual a 39,7 metros.

Por meio de um trado holandês, as amostras para determinação do teor de argila foram coletadas nas camadas de solo de 0 a 20 centímetros e de 20 a 40 centímetros de profundidade, nos 24 pontos demarcados. Posteriormente, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Lavras, para determinação do teor de argila, utilizando o método de Bouyoucos (1927).

Figura 1: Coleta de amostras de solo para determinação do teor de argila.



Para a determinação da umidade gravimétrica, foi utilizado um amostrador de Uhland. As amostras para determinação da umidade gravimétrica foram coletadas até a profundidade de 40 cm, a cada 10 cm, em todos os pontos demarcados. Posteriormente, os valores foram transformados em média a cada 20 cm de profundidade. A umidade gravimétrica foi obtida como segue:

$$UG = \frac{Ma}{Ms} \times 100$$

UG - umidade gravimétrica (%); Ma - massa de água; Ms - massa de solo seco.

Figura 2: Coleta das amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica, utilizando um amostrador de Uhland.



Todas as variáveis foram analisadas por meio da estatística descritiva, determinando-se: valor mínimo; valor máximo; média; mediana; variância; desvio padrão; coeficiente de variação; coeficiente de assimetria; coeficiente de curtose; e teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov.

A dependência espacial das variáveis foi analisada por meio do ajuste dos semivariogramas, pelo estimador clássico (VIEIRA et al., 1983), sendo o ajuste dos semivariogramas escolhido em função da Máxima Verossimilhança Restrita, utilizando o modelo esférico. Avaliou-se também o grau de dependência espacial (GDE) das variáveis de acordo com Cambardella et al. (1994).

Foi calculado o erro médio - EM (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989) para todos os semivariogramas, a fim de verificar se os ajustes para o modelo esférico atenderam às exigências da validação.

Após o ajuste dos semivariogramas, foi feita a interpolação dos dados por meio de krigagem ordinária, quando identificada variabilidade espacial. Os mapas criados foram gerados em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) na zona 23K, que é onde se localiza a área experimental.

Para a análise geoestatística e para a criação dos mapas temáticos foi utilizado o software estatístico R, de distribuição livre, por meio do pacote geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva do teor de argila e da umidade gravimétrica, em diferentes profundidades, está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis Teor de argila (Arg, em %) e Umidade gravimétrica (UG, em %), em diferentes camadas de profundidade.

Variável	Estatística descritiva									
	Mín	Máx	Md	Méd	Var	DP	C _s	C _k	CV	D
Arg 0-20 cm	32,00	55,00	45,00	44,04	58,99	7,68	-0,17	-1,52	17,4	0,16
Arg 20-40 cm	34,00	55,00	46,00	45,21	47,91	6,92	-0,18	-1,25	15,3	0,13
UG 0-20 cm	17,98	28,40	22,36	22,53	7,41	2,72	0,48	-0,05	12,08	0,13
UG 20-40 cm	18,38	26,66	21,11	21,59	6,01	2,45	0,32	-0,81	11,35	0,13

Mín - Valor mínimo; Máx - Valor máximo; Md - Mediana; Méd - Média; Var - Variância; DP - Desvio padrão; C_s - Coeficiente de assimetria; C_k - Coeficiente de curtose; CV - Coeficiente de variação; D - Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, * não significativo

Em relação ao teste de Kolmogorov-Smirnov, todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Os valores de média e mediana encontrados possuem pequena diferença, mostrando distribuições simétricas, que pode ser confirmado pelos valores do coeficiente de assimetria próximos de zero.

A variabilidade de uma variável pode ser classificada de acordo com o coeficiente de variação (CV) encontrado. De acordo com Frogbrook et al. (2002), valores elevados de CV são considerados como os primeiros indicadores de existência de heterogeneidade dos dados. Todas as variáveis apresentaram CV entre 10% e 20%, que de acordo com Gomes e Garcia (2002) classificam a variabilidade como moderada.

Pelos dados apresentados na Tabela 1, percebe-se que há uma grande variação de valores que podem ser expressos pelas variáveis. Portanto, é necessária a análise geoestatística para identificar a variabilidade existente na área e confeccionar mapas para conhecer sua distribuição no espaço.

A análise geoestatística, o erro médio calculado e o grau de dependência espacial estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de ajuste dos semivariogramas do modelo esférico, pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita, das variáveis avaliadas.

Variável	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	A	GDE	EM
Arg 0-20 cm	0,000	59,000	59,00	39,18	Forte	0,0000
Arg 20-40 cm	0,000	36,480	36,48	265,75	Forte	-0,2608
UG 0-20 cm	0,000	7,410	7,41	40,00	Forte	0,0000
UG 20-40 cm	0,208	5,312	5,52	280,00	Forte	-0,0350

Arg - Teor de argila (%); UG - Umidade gravimétrica (%); C₀ - efeito pepita; C₁ - contribuição; C₀+C₁ - patamar; a - alcance (metros); GDE - grau de dependência espacial (%); EM - erro médio

Houve dependência espacial para todas as variáveis, uma vez que o valor absoluto da diferença entre duas amostras aumentou para distâncias entre coletas cada vez maiores, até chegar a um valor estável, definindo a distância máxima em que a variável possui dependência espacial.

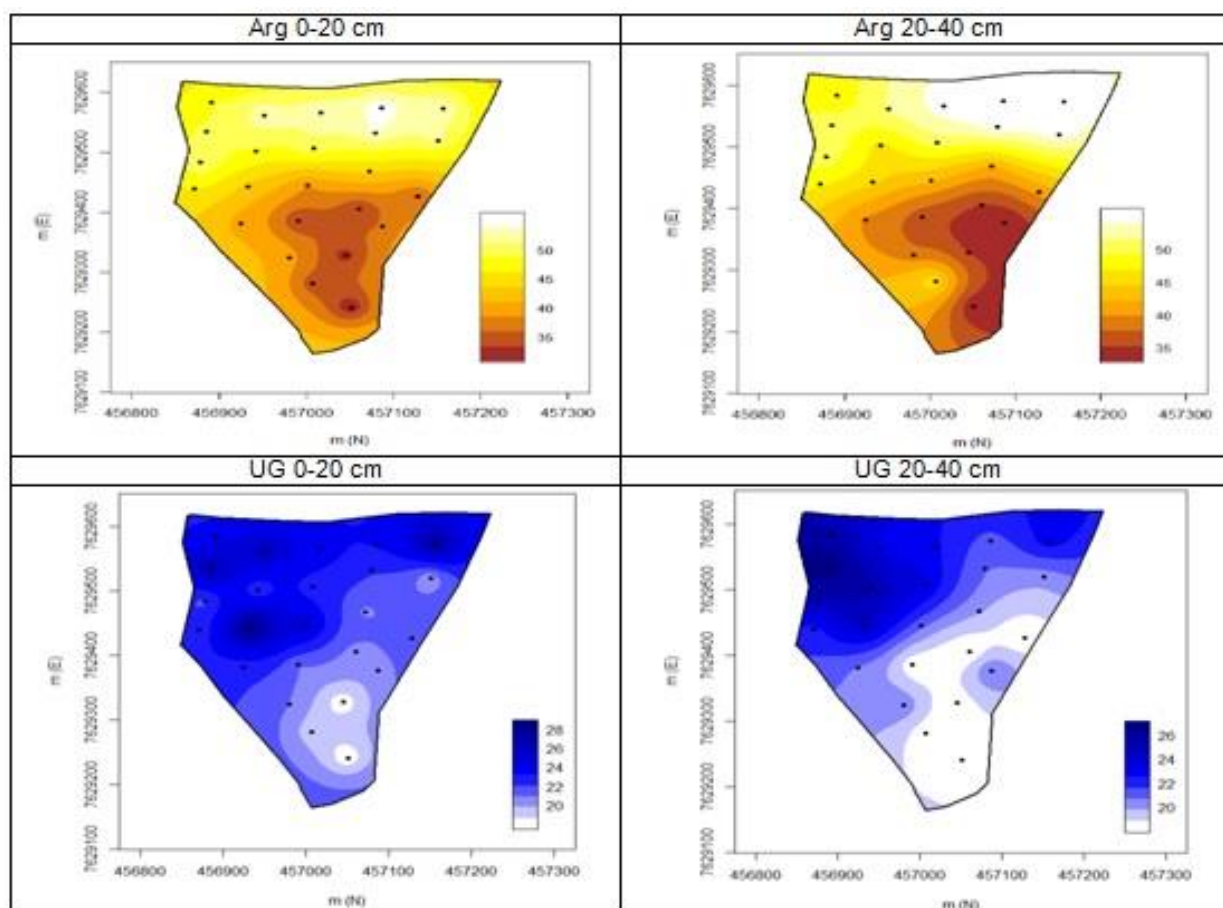
Somente não foi encontrado efeito pepita zero para a umidade gravimétrica entre 20 e 40 cm de profundidade, demonstrando que há variabilidade não identificada utilizando a malha amostral proposta.

Em relação ao alcance, houve uma grande variação em relação à profundidade de solo avaliada. Observa-se que para a camada de 0 a 20 cm de profundidade, para o teor de argila e a umidade gravimétrica, os valores de alcance foram próximos de 40,00 metros. Desta forma, este valor pode ser utilizado para futuras amostragens como distância entre pontos de coleta. Já para as camadas de 20 a 40 cm, o teor de argila apresentou alcance igual a 265,75 metros e a umidade gravimétrica apresentou alcance igual a 280,00 metros, o que sugere essas distâncias para novas avaliações.

Em relação ao grau de dependência espacial (GDE), observa-se que todas as variáveis avaliadas apresentam GDE forte, o que demonstra que sua distribuição no espaço não é aleatória.

Todos os mapas confeccionados (Figura 3) apresentaram uma grande amplitude em seus valores. Os mapas criados possuem escalas diferentes (a mesma cor em diferentes mapas indica valores diferentes).

Figura 3: Distribuição espacial das variáveis teor de argila (Arg - em %) e umidade gravimétrica (UG - em %), em diferentes camadas de profundidade.



Os mapas de teor de argila apresentam um padrão em que os menores teores estão localizados na parte inferior dos mapas, em ambas as camadas de solo avaliadas. Os maiores valores estão localizados na parte superior direita dos mapas.

Ambos os mapas de umidade gravimétrica também apresentaram um padrão de valores, em que os menores valores estão na parte inferior dos mapas enquanto que os maiores estão em sua parte superior esquerda. Este resultado está de acordo com trabalho de Beutler et al. (2002) que afirma que o teor de argila possui efeito positivo sobre a umidade do solo.

CONCLUSÃO

A análise geoestatística é necessária para a identificação da variabilidade da área, uma vez que as informações da análise descritiva não são suficientes para tanto.

Utilizando a malha amostral proposta, todas as variáveis apresentaram grau de dependência espacial forte.

Comparando os mapas temáticos criados, observou-se que nas regiões com baixo teor de argila ocorrem os menores valores de umidade gravimétrica.

REFERÊNCIAS

BEUTLER, A.N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.829-834, 2002.

BOUYOUCOS, G. J. The hydrometer method for studying soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 25, p. 265-371, 1927.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, Sept. 1994.

FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. **Física do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 117 p.

GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 305 p.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Oakland, v. 51, n. 1, p. 1-75, 1983.