

VARIABILIDADE ESPACIAL DO POTÁSSIO E FÓSFORO EM SOLO CULTIVADO COM CAFÉ ARÁBICA SOB MANEJO ORGÂNICO

Alessandra Fagioli da Silva¹, Lorena Abdala de Oliveira Prata Guimarães¹, Rone Batista de Oliveira², Samuel de Assis Silva³, Gustavo Soares de Souza³, Thiago Lopes Rosado¹ & Julião Soares de Souza Lima⁴

¹ Graduanda em Agronomia, CCA-UFES, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES, e-mail: alefagioli@hotmail.com.

² Doutorando em Energia na Agricultura, Botucatu-SP, e-mail: ronebatista@hotmail.com

³ Mestrando em Produção Vegetal, CCA-UFES, Deptº Engenharia Rural, Alegre-ES, e-mail: samuel-assis@hotmail.com

⁴ Prof. Orientador, Deptº Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: limajss@yahoo.com.br

Resumo - Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a variabilidade espacial do K e P em uma área cultivada com café arábica sob manejo orgânico, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Para isso, foram construídas malhas irregulares para amostragem de solo, totalizando 40 pontos amostrais georreferenciados. A amostra de solo foi retirada na projeção da copa do cafeeiro. Os dados foram avaliados através da estatística clássica e da geoestatística. Os resultados encontrados mostraram que o P e K apresentam estrutura de dependência espacial, o que permitiu o mapeamento, através da krigagem. O K apresentou maior continuidade espacial que o P nas duas profundidades.

Palavras-chave: Geoestatística, sistema de cultivo, café orgânico.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias

Introdução

A degradação dos recursos produtivos, a redução drástica da biodiversidade e a alta dependência de recursos externos de alto custo energético apontam para a insustentabilidade dos sistemas convencionais de produção (ALVARENGA & MENDES, 2003).

Uma característica muito particular dos fertilizantes orgânicos relaciona-se ao fato de que os nutrientes, exceto o potássio (K), encontram-se predominantemente na forma orgânica. Grande parte dos estudos do fósforo (P) no solo concentra-se na fração inorgânica (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Áreas consideradas pedologicamente similares podem apresentar variabilidade distinta em atributos quando submetidas às diferentes práticas de manejo. O manejo pode alterar os atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos, com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo (MARQUES JÚNIOR et al., 2000). Portanto, conhecer a variabilidade espacial dos atributos do solo que controlam a produtividade das culturas é um fator indispensável.

A geoestatística é aplicada à agricultura de precisão com intuito de pesquisar a variabilidade espacial de atributos do solo e fazer estimativas para locais não amostrados por krigagem ordinária (VIEIRA, 2000). Com base nessa técnica, o objetivo deste trabalho foi determinar a variabilidade do Fósforo (P) e do Potássio (K) em

uma área cultivada com café arábica sob o manejo orgânico, em duas profundidade.

Materiais e Métodos

Os dados foram coletados em uma área comercial de café arábica (*Coffea arabica* cv. catuaí 44) cultivada sob o manejo orgânico em um Latossolo Vermelho-Amarelo, no município de Irupi, sul do Estado do Espírito Santo. A região situa-se na Latitude de 20º 20' 43" S e Longitude 41º 38' 28" W do meridiano de Greenwich, com altitude de 765 m e temperatura média anual de 20 °C.

A lavoura de café têm aproximadamente dez anos de implantação. O processo de transição do manejo convencional para orgânico foi nos últimos cinco anos e há três anos possui certificação nacional e há seis meses o selo internacional, constituindo um sistema orgânico consolidado.

A área de café orgânico tem espaçamento de 2x1 metros com plantio em curva de nível. Nas entre linhas plantam-se leguminosas como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*) e mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*).

Quanto à adubação, é aplicado uniformemente uma vez por ano 8 kg de composto orgânico (4235,97 mg dm⁻³ de K e 207,79 mg dm⁻³ de P) por cova, produzido na propriedade. No período de chuvas é aplicado, mensalmente, na forma de pulverização foliar o humato de macota, produto

de pH neutro, potássio (25 mg L⁻¹), na proporção de 700 ml do produto por 20 litros de água, utilizando no total de 200 a 220 L ha⁻¹.

Para a amostragem aleatória de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, no estudo do K e do P, as amostras foram retiradas na projeção da copa do cafeeiro e na parte superior em relação ao declive. Na área foi construída uma grade com 40 pontos georreferenciados utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS), modelo GTR-1. Os atributos químicos foram analisados em laboratório segundo metodologia da Embrapa (1997).

Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva dos dados para verificar a distribuição de frequência, a variância, a normalidade dos dados e se há candidatos a pontos discrepantes (*outliers*) ou a necessidade da transformação dos dados para sua normalização.

A análise geoestatística foi utilizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial utilizando o semivariograma clássico de Matheron, que é dado pela seguinte equação:

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

em que: γ^* a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$; h a distância entre pontos amostrais e $N(h)$ o número total de pares (VIEIRA, 2000). A análise geoestatística foi realizada pelo software GS+ (ROBERTSON, 2000).

Resultados

Os resultados da análise descritiva para o Potássio (K) e Fósforo (P) na lavoura de café arábica sob manejo orgânico estão apresentados da Tabela 1.

Os semivariogramas escalonados pela variância dos dados, nas duas profundidades para o K e o P, estão na Tabela 2.

Os gráficos dos semivariogramas teóricos ajustados pelo modelo esférico (ESF) e exponencial (EXP) estão nas Figuras 1 e 2. Os mapas temáticos para cada um dos atributos estão apresentados nas Figuras 3 e 4.

Tabela 1. Estatística descritiva do K e P nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm do solo cultivado com café arábica sob manejo orgânico (MORG)

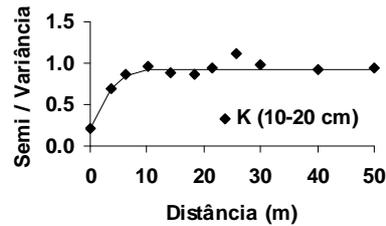
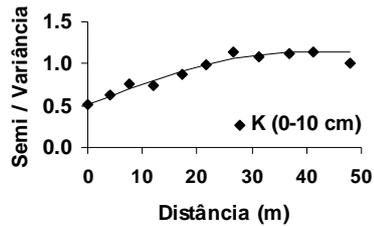
Atributos	Prof.	n	Média ¹	Md	s	Min	Max	Coeficientes			N
								CV (%)	Cs	Ck	
Potássio (K)	0-10 cm	38	98,0	97,7	27,8	48,4	151,3	28,4	0,14	-0,75	ns
	10-20 cm	35	62,4	59,6	21,0	25,8	118,0	33,5	0,44	0,17	ns
Fósforo (P)	0-10 cm	39	36,1	24,8	30	1,1	96,1	68,7	0,72	-0,12	*
	10-20 cm	31	3,3	3,3	2,1	1,1	9,8	56,4	1,18	1,38	*

Prof: profundidade; ¹ Valores em mg dm⁻³; n: número de amostras; s: desvio-padrão; Md: mediana; Min: valor mínimo; Max: valor máximo; CV: Coeficiente de Variação; Cs: Coeficiente de Assimetria; Ck: Coeficiente de Curtose; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Shapiro-Wilks (distribuição normal).

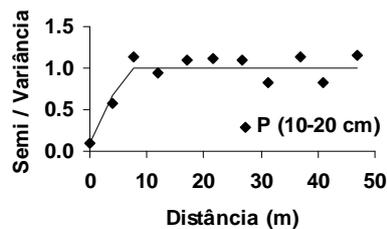
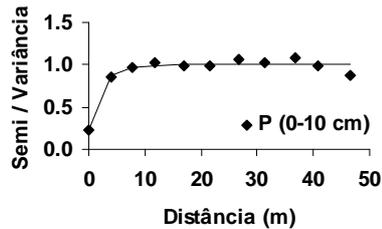
Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas escalonados para o K e P nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm do solo cultivado com café arábica sob manejo orgânico (MORG).

Atributos	Profundidade	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)
Potássio (K)	0-10 cm	ESF	37,0	0,51	1,13	55	95
	10-20 cm	EXP	10,5	0,21	0,97	78	59
Fósforo (P)	0-10 cm	EXP	6,6	0,22	1,0	72	50
	10-20 cm	ESF	9,0	0,10	1,0	90	53

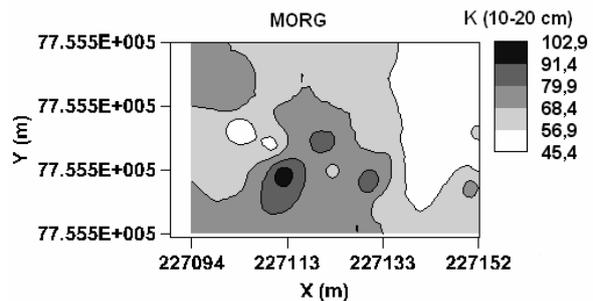
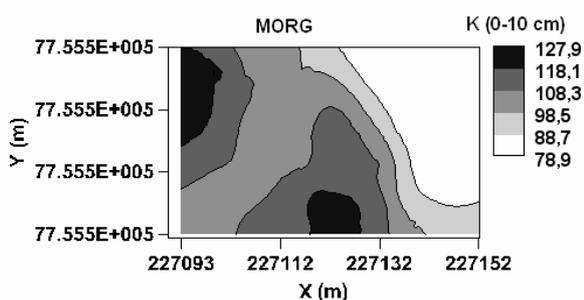
ESF: modelo esférico; EXP: modelo exponencial; a: alcance da dependência espacial; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial e R²: coeficiente de determinação múltipla do ajuste.



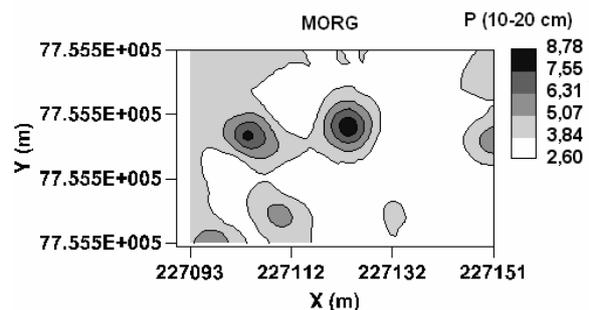
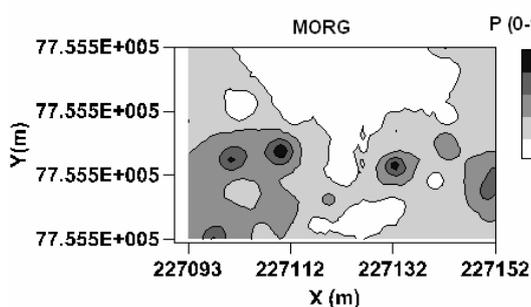
(a) (b)
Figura 1. Ajuste da semivariância dos dados ao modelo esférico (a) e modelo exponencial (b) para o K na profundidade de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.



(a) (b)
Figura 2. Ajuste da semivariância dos dados ao modelo exponencial (a) e modelo esférico (b) para o P na profundidade de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.



(a) (b)
Figura 3. Mapas de isolinhas do K na profundidade de 0-10 (a) e 10-20 cm (b).



(a) (b)
Figura 4. Mapas de isolinhas do P na profundidade de 0-10 (a) e 10-20 cm (b)

Discussão

Foram detectados e retirados os pontos discrepantes (*outliers*). Os atributos K e P apresentaram assimetria positiva (Cs) nas duas profundidades, com a média maior ou igual a mediana. O P na profundidade de 0-10 cm apresentou maior amplitude dos dados (Tabela 1).

O K nas duas profundidades apresentou distribuição normal dos dados. Na geoestatística a normalidade dos dados não é um fator limitante, o que importa é a não presença de cauda muito alongada na sua distribuição, o que ocorreu com os dados em questão.

Como o café é uma cultura perene e não há revolvimento do solo para a incorporação do composto orgânico, a sua decomposição ocorre

lentamente. Segundo Fernandes et al. (1997), ocorre maior quantidade de P nas camadas superficiais do solo com relação ao teor de matéria orgânica. Isso é explicado também pelo fato do P ser um nutriente de pouca mobilidade, apresentando, nesse estudo, uma relação entre as médias nas duas profundidades maior que dez vezes. A maior mobilidade do K mostrou valores médios mais próximos entre as profundidades.

Os coeficientes de variação (CV) nas duas profundidades para o K e o P apresentaram-se médio ($12\% < CV < 60\%$) e alto ($CV > 60\%$), respectivamente, segundo classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Na análise de dependência espacial ajustou-se o modelo esférico (ESF) às semivariâncias dos dados escalonadas pela variância, para o K (0-10 cm) e para o P (10-20 cm). O modelo exponencial (EXP) foi ajustado para o K (10-20 cm) e o P (0-10 cm). O maior alcance foi observado para o K (37,0 m), indicando maior continuidade espacial e o menor valor para P (6,6 m), na profundidade de 0-10 cm.

Oliveira (2007) estudando o manejo convencional para o café conilon, na profundidade de 0-20 cm, encontrou ajuste pelo modelo exponencial e com alcance maior para o P em relação ao K, diferindo do encontrado nesse estudo. Reforçando que a dependência espacial de um atributo depende da escala, da profundidade e do manejo do solo, entre outros.

Quanto ao grau de dependência espacial, os teores de K e P na profundidade de 0-10 cm apresentam moderada dependência espacial ($25\% \leq IDE \leq 75\%$), enquanto os teores de K e P na profundidade de 10-20 cm forte dependência espacial ($IDE \geq 75\%$). Isso demonstra segundo Silva et al. (2003), que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais para esses atributos avaliados.

Quanto aos mapas temáticos construídos por krigagem, observa-se variabilidade horizontal para o K e o P e na vertical para o P.

Conclusão

Os resultados encontrados mostraram que o P e K apresentam estrutura de dependência espacial, o que permitiu o mapeamento, através da krigagem.

- O K apresentou maior continuidade espacial que o P.

- Pela maior mobilidade do K no perfil do solo, os valores médios, entre as profundidades de 0-10 e 10-20 cm, apresentaram-se mais próximos.

Referências

- ALVARENGA, M.I.N.; MENDES, A.N.G. Propriedades do solo e estado nutricional de orgânicos. Disponível em:

www.coffeebreak.com.br/ocafezal, Acesso em: 20 de abr. 2003.

- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212 p.

- FERNANDES, L. A. et al. Propriedades químicas e bioquímicas de solos sob vegetação de mata e campos cerrado adjacentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 1, p. 58-70, 1997.

- MARQUES JÚNIOR et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas de latossolos em áreas de cerrado sob cultivo de café, em Patrocínio, MG. In: BALASTREIRE, L.A. O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil, Capítulo III - Mapeamento da Produtividade e de Atributos de Solos e de Plantas. Piracicaba: ESALQ, p.105-112, 2000.

- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

- OLIVEIRA, R. B. Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

- ROBERTSON, G. P. GS^+ : Geostatistics for the environmental sciences – GS^+ User's Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 2000. 152 p.

- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico. **R. bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.

- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 1-54, 2000.

- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. 385 p.

- ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114 f. Tese (Livro-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.