

## DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE UMA ÁREA CULTIVADA COM CAFÉ (*Coffea arábica* L.)<sup>1</sup>

**Rafael da C. PAES<sup>2</sup>; Cleber K. de SOUZA<sup>3</sup>**

### RESUMO

Para produções elevadas e de qualidade a adoção de tecnologias como a agricultura de precisão tem se mostrado eficiente. Tal tecnologia tem reduzido o uso e aumentando a eficiência dos fertilizantes agrícolas. O objetivo deste trabalho foi mapear e mensurar produção e os níveis de potássio em área cafeeira a partir de técnicas geoestatísticas. Portanto, tais técnicas tem se mostrado útil no gerenciamento da variabilidade de atributos de solo e planta e na definição de zona específica de manejo.

### INTRODUÇÃO

Pelo fato de reduzir o uso e aumentar a eficiência da aplicação de fertilizantes agrícolas, nos últimos anos, produtores têm demonstrado interesse em técnicas de manejo localizado. Deste modo, a agricultura de precisão permite monitorar e acessar a atividade agrícola, por meio de mapas.

Dos vários tipos de mapeamento, o da produtividade da cultura possibilita a identificação de variabilidade na lavoura sendo de suma importância esses mapas, servindo de fonte de informação e diagnóstico das condições reais de produção no campo.

Para Molin (2001), os mapas de produtividade podem ser utilizados como ponto de partida, a fim de avaliar as causas de variabilidade das culturas, bem como verificar as possíveis causas de modificações que o sistema de manejo, em locais específicos, pode trazer. Segundo Molin (2001), o mapa de produtividade é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras.

---

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido com PIBIC – FAPEMIG

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: [cleber.souza@ifsuldeminas.edu.br](mailto:cleber.souza@ifsuldeminas.edu.br);

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: [2361@ifsuldeminas.edu.br](mailto:2361@ifsuldeminas.edu.br);

Para culturas como soja e milho, existem sistemas acoplados a colhedora, que geram mapas de produtividade em tempo real, o que não acontece para as culturas perenes, como café, tornando esse monitoramento mais difícil.

A partir de coleta manual é possível mensurar a variabilidade espacial da produção do café fortalecendo o conceito e a aplicação de agricultura de precisão no gerenciamento localizado da lavoura cafeeira em regiões de montanha.

Portanto, o objetivo deste trabalho é gerenciar a variabilidade espacial da produtividade do café e de atributo químico do solo na adoção da agricultura de precisão propondo a viabilização de uma agricultura moderna e economicamente competitiva.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em uma área cafeeira, da variedade Topázio, plantada no espaçamento 2m x 1m, em Latossolo Vermelho Amarelo, no sul de Minas de Gerais, na cidade de Inconfidentes, MG, coordenadas geográficas 22°19'00" latitude sul e 46°19'40", longitude WGr, altitude média de 869m e clima tropical de altitude, segundo classificação de Köppen, do tipo Cbw. A declividade média da área do experimento é de 7%.

A área foi georreferenciada em grid regular de 15 metros na linha e 4 metros na entrelinha de plantio (60m<sup>2</sup> por ponto na malha) totalizando 105 pontos amostrais em aproximadamente 0,7 ha onde, em cada ponto, seguindo a faixa de adubação, foram coletada amostra de solo na camada de 0-20cm para fins de fertilidade. Para estimativa da produção na safra 2011/2012 a colheita foi realizada manualmente em três plantas, sendo: o ponto georreferenciado, a planta posterior e a anterior adotando-se a média por planta.

Os dados de produção e de potássio disponível foram analisados por meio da análise estatística descritiva e de técnicas geoestatísticas. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do programa computacional SAS (SCHLOTZHAVER & LITTELL, 1997). A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas utilizando-se o software Geostat (VIEIRA et al., 2002) com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca.

A escolha do melhor modelo será feita por meio da autovalidação (Jack knifing), seguindo a metodologia proposta por Vieira et al. (2002). Após a escolha do modelo,

foram obtidos os parâmetros experimentais de semivariograma como alcance, contribuição e efeito pepita.

Na definição dos semivariogramas experimentais, foi considerada a isotropia, uma vez que, por meio da autovalidação, observa-se uma pequena contribuição à exatidão das estimativas, quando considerada a anisotropia. Havendo dependência espacial dos dados adotou-se como interpolador a krigagem ordinária, efetuada por meio do software Surfer (1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos procedimentos estatísticos clássicos. Nesta, observa-se que a média de produção de café está abaixo do esperado para o espaçamento adotado segundo Guimarães et al. (1999) (40 sc ha<sup>-1</sup> a 60 sc ha<sup>-1</sup>) e que em alguns locais da área existem produções superiores a 100 sc ha<sup>-1</sup>. Semelhantemente o teor médio de potássio disponível no solo enquadra-se como bom na faixa de fertilidade proposta por estes mesmos autores. Cabe ressaltar que os valores médios não representam de forma adequada a área, pois a variabilidade dos dados, observada pelo coeficiente de variação, é alta.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros estatísticos para as variáveis estudadas.

Variáveis	N	Média	Min.	Max.	Desvio	Coeficiente		
						var. (%)	ass.	curt.
Produção (sc ha <sup>-1</sup> )	105	31,17	0	111	25,39	81,45	1,214	0,849
K (mg dm <sup>-3</sup> )	105	125,8	28	469	66,07	52,54	1,949	7,366

N=número de dados observados; Min.=mínimo; Max=máximo; var=coeficiente de variação; ass=assimetria; curt= curtose; K=potássio.

Tratando-se do manejo da adubação potássica da lavoura, a partir dos valores médios, seriam recomendados, segundo Guimarães et al. (1999) para produções de 40 sc ha<sup>-1</sup> a 50 sc ha<sup>-1</sup>, doses de 175 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Baseando-se nessa recomendação e observando os valores de mínimo e máximo (Tabela 1) verifica-se que esta dose não atenderia a necessidade da cultura, uma vez que existe na área teores de potássio de 28 mg dm<sup>-3</sup> (Baixo) a 469 mg dm<sup>-3</sup> (Muito bom) o que acarretaria em déficit nutricional, trazendo prejuízos em termos de produção, e superdosagem ocasionando toxidez, desperdícios de fertilizantes e prejuízos econômicos.

Na Tabela 2 são apresentadas as análises geoestatísticas que, em complemento a estatística clássica, visa avaliar a dependência espacial entre os pontos amostrais para as variáveis em estudos.

Tabela 2. Análise geoestatística dos atributos em estudo.

Variáveis	Modelo	C <sub>0</sub>	Patamar	A <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> /(C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub> )	GDE	r <sup>2</sup>
Produção (sc ha <sup>-1</sup> )	Gau.	391,68	578,51	66,87	0,68	Moderado	0,63
K (mg dm <sup>-3</sup> )	Exp.	3024,92	6079,85	95,01	0,50	Moderado	0,57

Gau = Gaussiano; Exp = Exponencial; C<sub>0</sub> = Efeito pepita; A<sub>0</sub> = Alcance prático (m); C<sub>1</sub> = Variância estrutural; GDE = Grau de dependência espacial.

Os parâmetros de semivariograma revelaram existência de correlação espacial, verificada pelo ajuste dos modelos gaussiano e exponencial para as variáveis produção e potássio, respectivamente.

O efeito pepita (C<sub>0</sub>) é um parâmetro que indica variabilidade não explicada, sendo aqui expresso como percentagem do patamar. Na análise do grau de dependência espacial, utilizou-se a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), sendo, neste estudo, classificada como moderada.

As variáveis apresentaram diferentes alcances, sendo que o potássio apresentou o maior alcance (95,01m). Cabe ressaltar que quanto maior o alcance, menor a dependência espacial entre as amostras, uma vez que o alcance mede a distância limite da dependência espacial, ou seja, os pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais parecidos entre si do que com aqueles localizados fora desta área.

A variabilidade extrínseca, relativa às práticas de manejo do solo, contribui para a redução do alcance e conseqüentemente com o aumento da variabilidade espacial. Portanto, práticas de manejo considerando a área homogênea pode inserir variabilidade as propriedades de solo e planta, sendo necessário o conhecimento das causas desta variabilidade para adoção de práticas de manejo localizada. Sendo assim, a geoestatística permitiu detectar a existência de uma estrutura de dependência espacial e, com os parâmetros do semivariograma, estimar por krigagem ordinária valores em locais não amostrados (Figuras 1 e Figura 2).

A partir desses mapas é possível verificar a distribuição espacial para as variáveis estudadas. Para a variável produção (Figura 1), verifica-se que apenas 25% da área

atingiu os índices esperados ( $40 \text{ sc ha}^{-1}$ ) para o espaçamento adotado. Estes resultados apontam para uma ineficiência das práticas de manejo, em pelo menos 75% da área, ocasionando prejuízos econômicos. Se considerarmos os valor médio de  $31 \text{ sc ha}^{-1}$  (Tabela 1) verificamos que apenas 43% da área está acima da média.

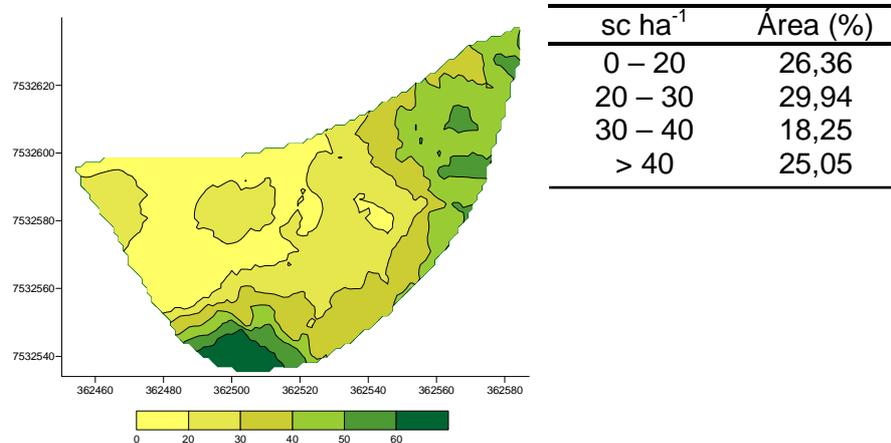


Figura 1. Mapas de isovalores e representatividade em termos percentuais da variável produção.

Para a variável potássio (Figura 2), verifica-se que 37% da área encontra-se em níveis médios de fertilidade, 61% em níveis bom de fertilidade e 2% em níveis muito bom de fertilidade. Conclui-se, portanto, que as recomendações de adubações potássicas, considerando os valores médios, foram adequadas em apenas 61% da área, ocorrendo deficiência nutricional em 37% e superdosagem em 2% da área.

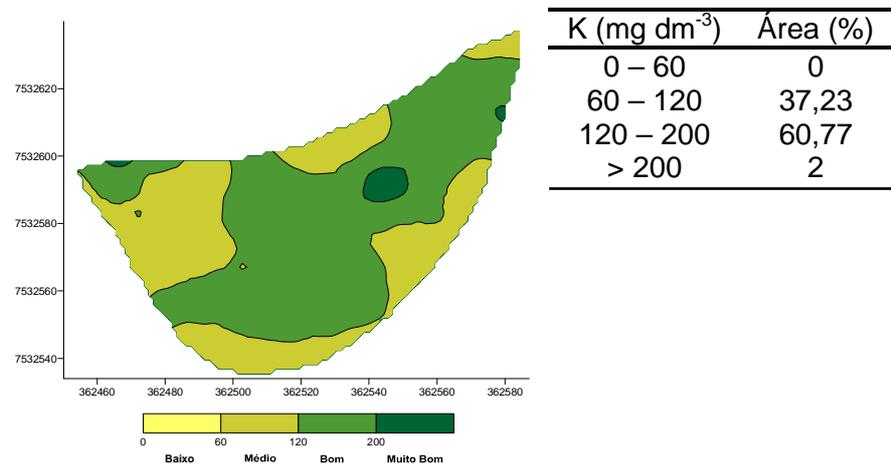


Figura 2. Mapas de isovalores e representatividade em termos percentuais da variável potássio.

Estes resultados corroboram com as baixas produtividades observadas, uma vez que em áreas que necessitaram de doses mais elevadas, apresentaram deficiência, e em áreas que necessitaram de doses menores, apresentaram toxidez.

## CONCLUSÕES

Houve dependência espacial para as variáveis estudadas, sendo possível sua caracterização a partir de técnicas geoestatísticas;

A partir dos mapas de atributos de solo e planta é possível a definição de zonas específicas de manejo, tornando viável a adoção da agricultura de precisão.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica PIBIC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B. KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOOKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **soil science society of america journal**, v.58: 1501-1511, 1994.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. CFSEMG, Viçosa. p. 289-302. 1999.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: O Autor, 2001. 83p.

SCHLOTZHAVER, S.D.; LITTELL, R.C. **SAS: system for elementary statistical analysis**. 2.ed. Cary, 1997. 905p.

SURFER, Surfer 7.0. **Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers**. User's Guide. New York: Golden software, Inc, 1999. 619p.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.A.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters. In: **Tópicos em ciência do solo** v. 2, Alvarez V., V. H (eds). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 1-45, 2002.