

## ANALISE ESPACIAL DA NECESSIDADE DE CALAGEM EM ÁREA SOB CAFÉ CONILON

**Abel Souza da Fonseca<sup>1</sup>, Paula Mauri Bernardes<sup>1</sup>, Simone Dornelas Costa<sup>2</sup>, Felipe Pianna Costa<sup>1</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UFES/Departamento de Engenharia Rural, Alegre- ES, CEP 29500-000, Cx Postal: 16, abelufes@hotmail.com, paula.mauri@hotmail.com, felipepianna@gmail.com. limajss@yahoo.com.br

<sup>2</sup> FIC / Ciência da Computação, Caratinga - MG, CEP35300-000 e-mail: sidornellas@gmail.com

**Resumo-** Este trabalho foi realizado com o objetivo de mapear a variabilidade espacial da necessidade de calagem em uma lavoura de *Coffea canephora* Pierre. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0,0-0,20 m, na projeção da copa das plantas, em uma malha irregular, com os pontos georeferenciados. Após análise laboratorial foi realizada uma análise exploratória dos dados e, posteriormente, feita a análise geoestatística para quantificar o grau de dependência espacial, definindo assim, as características necessárias para a construção de mapas da necessidade de calagem por krigagem ordinária. A necessidade de calagem apresentou dependência espacial com ajuste ao modelo exponencial e alcance de 20,70 m. O mapa da necessidade e calagem identificou a presença de zonas diferenciadas e que a calagem pela média mostra áreas de excesso e déficit de aplicação de calcário.

**Palavras-chave:** Geoestatística, zona de manejo, semivariograma.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

### Introdução

O café conilon (*Coffea canephora*) é uma cultura de grande importância na agricultura brasileira e ocupa posição de destaque entre os produtos de exportação (CARVALHO et al., 1998).

A cultura do café conilon no Brasil se expandiu em qualidade e quantidade, sendo considerado um destaque no mercado mundial. Portanto, para o potencial de aumento na sua produtividade faz-se necessário estudo na aplicação de técnicas inovadoras, de maneira a contribuir para minimização dos custos e aumento sistemático na produtividade da cultura, tendo o estado do Espírito Santo o seu maior produtor nacional.

O conhecimento da variabilidade de atributos químicos é importante para o levantamento e manejo do solo, planejamento de esquemas de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas. Antes de buscar qualquer relação destes elementos com a cultura, é importante avaliar a extensão e a intensidade da dependência espacial desta variação, isoladamente ou em conjunto com outros parâmetros (GANDAH et al., 2000).

A geoestatística é uma técnica que estuda uma função que varia de um lugar a outro no espaço com certa aparência de continuidade. São variáveis, cujos valores se encontram relacionados com a posição espacial que ocupam, demonstrando certa dependência de um lugar para outro. Essa técnica vem sendo utilizada em várias áreas de pesquisas e como ferramenta da agricultura de precisão, em busca de definir a

distribuição e dependência espacial entre amostras, tanto de atributos de plantas como de solo.

O objetivo deste trabalho é estudar a variabilidade espacial da necessidade de calagem em área sob cultivo de café conilon e comparar com o método convencional de recomendação.

### Metodologia

O experimento foi conduzido em uma fazenda no município de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. A área do projeto corresponde aproximadamente a 1,0 ha da cultura de café conilon (*Coffea Canephora* Pierre), variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151), desenvolvida pelo INCAPER em 2000. O espaçamento adotado no plantio é 2,90 m entre fileiras e 0,90 m na fileira, totalizando 3831 plantas ha<sup>-1</sup>.

Foi instalada na área experimental, uma grade irregular totalizando 109 pontos amostrais. Para a materialização dos pontos de amostras foram empregadas estacas de madeira como marcos indicativo, após o georrefenciamento.

Os pontos de amostragens para os atributos do solo correspondem à região da projeção da copa, nas profundidades de 0,00-0,20 m. Nesses pontos foram realizadas coletas para análises químicas de fósforo (P) (mg dm<sup>-3</sup>), potássio (K) (mg dm<sup>-3</sup>), cálcio (Ca) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), magnésio (Mg) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), alumínio (Al) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), pH em água, soma de bases (SB) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), capacidade de troca catiônica (CTC) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), t (CTC efetiva) (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), saturação por bases (V%) e saturação por

Al (m%), conforme metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997).

Em seguida os dados foram analisados por meio das medidas de posição (média e mediana), dispersão (valores máximos, mínimos, desvio-padrão, variância e coeficiente de variação) e forma da dispersão (coeficientes de assimetria e curtose). A normalidade foi testada pelo teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) a 5% de significância.

A necessidade de calagem foi determinada considerando o método da saturação por bases, segundo a Equação 1 descrita por CFSEMG (1999).

$$NC = \frac{T(Ve - Va)}{100}$$

em que: NC = Necessidade de calagem ( $t\ ha^{-1}$ ); T = CTC a pH 7 = SB + (H+Al), em  $cmolc\ dm^{-3}$ ; SB = Soma de bases =  $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$ , em  $cmolc\ dm^{-3}$ ; Va = Saturação por bases atual do solo =  $(100 \cdot SB)/T$ , em %; e Ve = Saturação por bases desejada ou esperada, para a cultura a ser implantada e para a qual é necessária à calagem, neste caso 60%.

Para o cálculo da quantidade de calcário a ser aplicado em  $t\ ha^{-1}$ , levou-se em consideração a cobertura total da área, a incorporação pela esparramação de 5 cm de profundidade e um calcário com PRNT de 90%, conforme a Equação 2 descrita por CFSEMG (1999).

$$QC = NC \cdot \frac{SC}{100} \cdot \frac{PF}{20} \cdot \frac{100}{PRNT}$$

em que: QC ( $t\ ha^{-1}$ ) = quantidade de calcário a ser usado; NC = Necessidade de calagem ( $t\ ha^{-1}$ ); SC (%) = percentagem da superfície do terreno a ser coberta na calagem; PF (cm) = profundidade que o calcário será incorporado; e PRNT (%) = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado

A análise espacial foi realizada com o software GS<sup>+</sup>, ajustando o modelo teórico do semivariograma aos dados e adotando a escolha do modelo o que apresentou a menor soma de quadrados dos resíduos. Confirmada a dependência espacial estimou valores para locais não medidos utilizando a krigagem ordinária. Na seqüência, retirou-se 20 amostras de solo coletadas em caminhamento na área em forma de ziguezague para o cálculo da recomendação padrão, para detectar área de excesso e déficit da aplicação.

## Resultados

Os resultados da análise do solo, no primeiro momento, passaram por uma criteriosa análise para verificar a normalidade dos dados e se havia candidatos a dados discrepantes. A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos atributos do solo na profundidade de 0,00-0,20 m.

A Tabela 2 mostra a porcentagem da area total do experimento em que se tem déficit ou excesso de calcário quando se segue a recomendação pelo método convencional.

**Tabela 1** – Estatística descritiva e distribuição de frequência dos atributos do solo na camada de 0,0-0,20 m.

Atributo	Valores			Coeficientes			Teste		
	Média	Md	s	Min	Max	CV	Cs	Ck	KS
pH	4,4	4,4	0,5	2,5	5,5	10,5	-0,2	1,90	$p > 0,20^{ns}$
P	14,5	14,0	6,2	2,0	32,0	43,2	0,7	0,00	$p < 0,05^*$
K <sup>+</sup>	159,3	126,0	85,5	28,0	372,0	53,7	0,8	-0,23	$p < 0,01^*$
Ca <sup>2+</sup>	0,9	0,7	0,5	0,3	2,2	55,7	1,2	0,52	$p < 0,01^*$
Mg <sup>2+</sup>	0,6	0,5	0,2	0,3	1,1	36,4	1,1	0,40	$p < 0,01^*$
Al <sup>3+</sup>	0,7	0,8	0,4	0,0	1,2	50,7	-0,6	-0,75	$p < 0,01^*$
H+Al	6,1	6,1	1,0	3,6	7,7	15,7	-0,3	-0,49	$p > 0,20^{ns}$
SB	1,7	1,6	0,6	0,8	3,6	36,2	1,1	0,89	$p < 0,15^{ns}$
CTC	8,1	8,1	0,7	5,2	9,6	8,2	-0,8	2,23	$p > 0,20^{ns}$
t	2,6	2,5	0,5	1,8	3,9	19,5	1,1	0,68	$p < 0,10^{ns}$
V	22,8	20,4	8,8	9,8	45,32	38,5	0,9	0,09	$p < 0,15^{ns}$
m	28,7	32,7	16,1	0,0	58,3	56,2	-0,4	-0,98	$p < 0,15^{ns}$

Md - mediana; s - desvio padrão; CV - coeficiente de variação; Cs - coeficiente de simetria; Ck - coeficiente de curtose; ns - distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade; e \* Distribuição não normal.

**Tabela 2** – Porcentagem da área com excesso e déficit após a aplicação de calcário pelo método convencional

Classes	Área (m <sup>2</sup> )	%
Excesso	4948	50,89
Déficit	4774	49,11

Após definição do modelo e parâmetros do semivariogramas, os dados foram interpolados por meio da krigagem ordinária para mapear a necessidade de calagem (Figura 1).

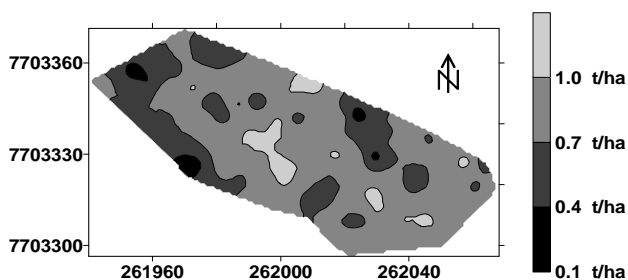


Figura 1- Distribuição espacial da recomendação de calagem na área.

A Figura 2 mostra o mapa da necessidade de calagem em duas classes, maior e menor que a média da recomendação convencional.

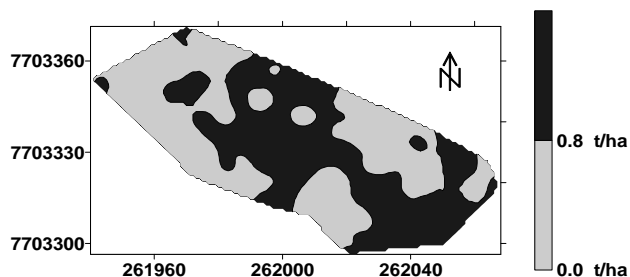


Figura 2 – Mapa da recomendação de calagem pelo método convencional.

## Discussão

Os valores médios dos atributos químicos do solo foram classificados de acordo com Prezotti et al. (2007) para o Estado do Espírito Santo: acidez elevada para o pH, valor baixo para Ca, SB, e V; médio para P, Mg, Al, CTC, t e m; e alto para H+Al e K. Esses valores demonstram que o solo encontra-se desequilibrado em termos de disponibilidade de nutrientes. Tais níveis de fertilidade representam um obstáculo ao desenvolvimento da cultura, indicando a necessidade de reposição de elementos e correção da acidez, de acordo com a exigência da cultura.

O coeficiente de variação (CV), que fornece uma medida relativa da precisão do experimento, sendo bastante útil na avaliação da dispersão dos dados (LANDIM, 2003). Observa-se que, segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), considerando-se como valores baixos o  $CV < 12\%$ ; médios para  $12\% < CV < 60\%$  e altos para  $CV > 60\%$ , com exceção do pH e CTC (baixo), os demais atributos encontram-se no intervalo de 12 a 60%, sendo considerados de média variação.

Observa-se que do total de atributos, 7 (58,33%) apresentam assimetria positiva e 5 (41,67%) apresentam assimetria negativa. Na assimetria positiva a mediana é menor que a média dos dados, mostrando dessa forma, a tendência para concentração de valores abaixo da média.

Os atributos do solo pH, H+Al, SB, CTC, t, V e m apresentaram distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) a 5% de significância, tendo como exceção o  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , que apresentaram distribuição não normal.

Para a recomendação espacial de calagem encontrou um valor médio de 0,79 t ha<sup>-1</sup>, com um CV de 30% e distribuição normal.

Na análise espacial justou-se o semivariograma exponencial com alcance de 20,7 m. Dentro de uma circunferência com este raio (20,7 m), os valores amostrais apresentam uma continuidade espacial contribuindo para precisão na estimação de valores não medidos. O índice de dependência espacial foi moderado (<75%), conforme proposta por Zimback (2001).

O mapa da necessidade de calcário (Figura 1) apresenta mais de uma cor, indicando variabilidade da ocorrência de classes de recomendação de calcário e, por conseqüência, heterogeneidade na sua aplicação.

A recomendação convencional foi calculada em função da amostragem de solo em ziguezague considerando a média de 20 amostras, apresentando um valor de 0,80 t ha<sup>-1</sup> de calcário.

A prática convencional, pela média, pode levar a aplicação em excesso e déficit em regiões da área, como mostrado na Figura 2. A área escura representa a área em que a necessidade de calagem é maior que a média calculada pelo método convencional ( $NC > 0,80 \text{ t ha}^{-1}$ ) e na área clara a necessidade de calagem é menor que a média ( $NC < 0,80 \text{ t ha}^{-1}$ ). Observando a Tabela 2 podemos ver que a área escura, que representa a área onde haverá um déficit de calcário corresponde a 49,11% da área total (4774 m<sup>2</sup>) e a área de excesso corresponde a 50,89% (4948 m<sup>2</sup>).

A aplicação de calagem considerando zonas diferentes de manejo pode contribuir para reduzir o total de calcário, diminuindo as perdas e, conseqüentemente, o custo de produção, além de

evitar problemas por aplicações excessivas. A aplicação de calcário em excesso pode levar a diversos problemas de natureza química bem conhecidas, como a redução da disponibilidade de micronutrientes no solo e desequilíbrio nutricional da planta. Já a aplicação abaixo da necessidade de calcário resulta em baixa eficiência da prática de calagem na correção da acidez do solo.

### Conclusão

A necessidade de calagem (NC) apresentou dependência espacial na área com alcance de 20,7 m. As técnicas de geoestatística permitem mapear a variabilidade espacial e identificar as diferentes zonas de manejo.

A análise dos mapas possibilita a distinção de regiões com maior e menor variabilidade da necessidade de calagem, permitindo sustentar a tese de aplicação a taxa variável para uma maior eficiência na correção da acidez do solo para o cafeeiro.

### Agradecimento

A FAPES (ES) pela ajuda financeira para a realização desta pesquisa.

### Referências

- CARVALHO, E.A.M.; POZZA, E.A.; JULIATTI, F. C.; MOREIRA, J. C.; PEIXOTO, A.S.; SANTOS, C.M. Impacto dos diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água na evolução da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA. 1. 1998, Araguari-MG. Palestras e resumos. Araguari: UFU, 1998.

- COMISSÃO DE FERTILIZANTES DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5., In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). Viçosa: 1999. 359 p.

- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

- GANDAH, M. et al. Dynamics of spatial variability of millet growth and yields at three sites in Niger, west Africa and implications for precision agriculture research. *Agricultural Systems*, Oxon, v.63, n.2, p.123-140, 2000.

- LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. 2.ed. São Paulo. UNESP, 2003. 253 p.

- PREZOTTI L. C.; GOMES. J. A.; DADALTO. G. G.; OLIVEIRA. J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª aproximação. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 2007. 305p

- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. p.319-44.

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

**XIV INIC**

Encontro Latino Americano  
de Iniciação Científica

**X EPG**

Encontro Latino Americano  
de Pós Graduação

**IV INIC Jr**

Encontro Latino Americano  
de Iniciação Científica Júnior