

# VARIABILIDADE ESPACIAL DO TEOR DE CÁLCIO NO PERFIL DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CULTIVO DE CAFÉ

**Samuel de Assis Silva<sup>1</sup>, Rone Batista de Oliveira<sup>2</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>3</sup>, Gustavo Soares de Souza<sup>1</sup>, Michel de Assis e Silva<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia, CCA-UFES, Dept<sup>o</sup> Engenharia Rural, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000 Alegre-ES, e-mail: [samuel-assis@hotmail.com](mailto:samuel-assis@hotmail.com)

<sup>2</sup>Doutorando em Energia na Agricultura, UNESP, Botucatu – SP, e-mail: [roneantiversus@yahoo.com.br](mailto:roneantiversus@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Prof. Orientador, Dept<sup>o</sup> Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: [jsslima@yahoo.com.br](mailto:jsslima@yahoo.com.br)

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: [michelsilv@gmail.com](mailto:michelsilv@gmail.com)

**Resumo** - Com esse estudo objetivou-se caracterizar o comportamento espacial dos teores de cálcio em duas profundidades, em um Latossolo vermelho amarelo distrófico de textura argilosa sob cultivo de café. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Bananal do Norte, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, em uma grade irregular de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>, com 109 pontos amostrais definidos como células. A amostragem de solo foi realizada nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, no centro de cada célula na projeção da copa das plantas. Os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva e exploratória e em seguida submetidos à análise geoestatística. Sendo o calcário a única fonte de cálcio empregada no manejo da lavoura, fica evidente, através dos resultados desse trabalho, o efeito da calagem no aumento dos teores de cálcio nas duas profundidades estudadas.

**Palavras-chave:** Geoestatística, krigagem, calagem, gessagem.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

## Introdução

A acidez do solo é um dos principais fatores capazes de reduzir o potencial produtivo dos solos tropicais. A calagem superficial ou incorporada e a aplicação de gesso no solo, por aumentar o suprimento de Ca e reduzir a toxicidade de Al no subsolo (SUMNER, 1995), levam a modificações químicas no perfil que podem influenciar o crescimento de raízes em profundidade.

Por meio da calagem é possível corrigir a acidez e alterar os teores de Ca em camadas superficiais e do subsolo, tanto com a incorporação de calcário, como também com a sua aplicação na superfície (CAIRES et al., 2000). Porém, apenas aplicações de calcário não parecem suficientes para promover grande melhoria química do ambiente radicular no subsolo, pela movimentação de bases trocáveis, uma vez que o calcário não se movimenta para camadas mais profundas.

Para as plantas, a falta de cálcio, o aumento da acidez e o excesso de alumínio resultam em baixo crescimento do sistema radicular, com conseqüente exploração de pequenos volumes de solo, levando a baixa captação de nutrientes e água, tornando as culturas sujeitas a deficiências minerais e suscetíveis a déficits hídricos (MARIA et al., 1993).

Pela própria natureza, o sistema solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Portanto, o conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos

da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas.

Com esse estudo objetivou-se caracterizar o comportamento espacial dos teores de cálcio em duas profundidades, em um Latossolo vermelho amarelo distrófico de textura argilosa sob cultivo de café.

## Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Bananal do Norte, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, à 20° 45' 17.31" de latitude S e 41° 17' 8.86" de longitudes W.

O experimento foi conduzido em uma grade irregular de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>, com 109 pontos amostrais definidos como células. Cada célula é composta por cinco plantas.

O solo da área foi classificado, conforme classificação da EMBRAPA (1999), como Latossolo vermelho amarelo distrófico, textura argilosa.

A amostragem de solo foi realizada nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, no centro de cada célula na projeção da copa das plantas.

A determinação do cálcio (Ca) foi realizada em laboratório segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Primeiramente, os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva e exploratória. Para a verificação dos dados candidatos a outliers foram analisados os quartis superiores e inferiores e testada a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade (W), pelo *Software* Statistica. Em seguida, realizou-se a análise geoestatística, dentro da qual se buscou avaliar o atendimento da hipótese de estacionaridade assumida (GONÇALVES et al., 2001) por meio de ajuste do semivariograma estimado pela seguinte equação:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

em que: N(h) é o número de pares de valores medidos Z(xi), Z(xi + h), separados por um vetor h. A escolha do modelo teórico seguiu os critérios adotados pelo *software* GS+ (ROBERTSON, 1998), que utiliza a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

Em seguida foram estimados valores para locais não amostrados pelo método da krigagem ordinária e construídos mapas temáticos pelo *software* SUFER.

## Resultados

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados da análise descritiva da variável cálcio para as duas profundidades estudadas após a retirada dos valores discrepantes ("outliers").

Tabela 1. Estatística descritiva dos níveis de cálcio em duas profundidades.

Parâmetros	Cálcio	
	0-0,20	0,20-0,40
<b>Analisados</b>		
<b>Média</b>	1,73	1,23
<b>Mediana</b>	1,60	1,20
<b>Mínimo</b>	0.40	0.50
<b>Máximo</b>	3.70	2.10
<b>CV(%)</b>	41,04	31,71
<b>s</b>	0.71	0.39
<b>C<sub>s</sub></b>	0.55	0.11
<b>C<sub>k</sub></b>	0.11	-0.90
<b>w</b>	*	*

Cálcio (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); CV(%) – Coeficiente de variação; s – Desvio Padrão; C<sub>s</sub> – Coeficiente de assimetria; C<sub>k</sub> – Coeficiente de curtose; \* -

Distribuição não normal pelo teste Shapiro W'ilks a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 1 e 2 estão apresentados os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados médios de cálcio para as duas profundidades estudadas.

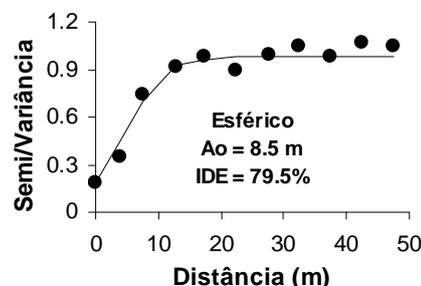


Figura 1. Modelo e parâmetro do semivariograma escalonado (Ao = alcance e IDE = índice de dependência espacial) de cálcio na profundidade de 0 – 0,20 m

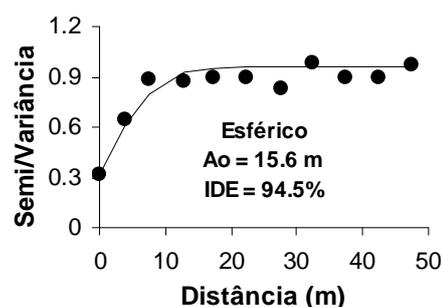


Figura 2. Modelo e parâmetro do semivariograma escalonado (Ao = alcance e IDE = índice de dependência espacial) de cálcio na profundidade de 0,20 – 0,40 m

Os parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar valores, por meio da krigagem ordinária, em locais não amostrados (Figura 3 e 4).

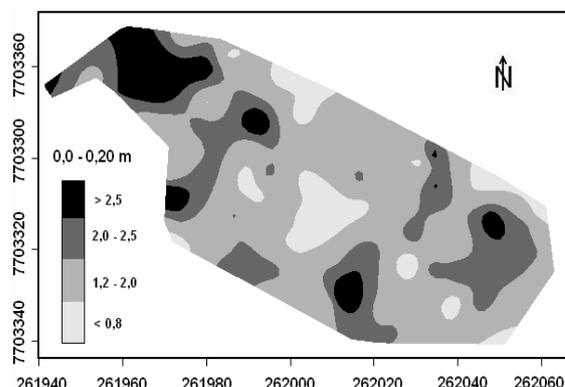


Figura 3. Distribuição espacial do cálcio (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) na profundidade de 0,0 – 0,20 m.

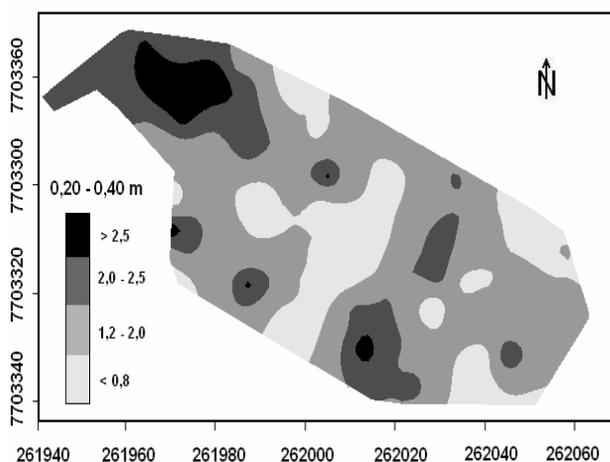


Figura 4. Distribuição espacial do cálcio ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

## Discussão

Primeiramente foi realizada uma análise exploratória para verificar a presença de valores discrepantes (“outliers”). Observada a sua presença, bem como sua influência sobre as medidas de posição e dispersão, optou-se pela exclusão destes pontos.

Os valores das medidas de tendência central (média e mediana) na profundidade de 0,20 – 0,40 m foram semelhantes (Tabela 1), indicando distribuições simétricas, o que pode ser confirmado pelos valores de assimetria próximos de zero. Na profundidade de 0,0 – 0,20 m o cálcio apresentou um afastamento da simetria com uma distribuição assimétrica à direita. Os valores da média nas duas profundidades foram diferentes, sendo menor para camadas mais profundas.

A análise de normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk’s ( $P < 0,05$ ), indicando uma distribuição não normal para as duas profundidades. Na profundidade de 0,20 – 0,40 m o cálcio apresentou distribuição leptocúrtica, entretanto para a profundidade de 0,0 – 0,20 m este foi classificado como mesocúrtica (GÓES, 1980).

Em geral, verificou-se que a variabilidade do teor de cálcio no solo medida pelo coeficiente de variação (CV) registrou-se média. O coeficiente foi maior na profundidade de 0,0 – 0,20 m em relação à profundidade de 0,20 – 0,40 m, de acordo com classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980).

Em relação à dependência espacial (Figura 1 e 2), observa-se que o modelo esférico ajusta-se para as profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, com alcance de 8,5 e 15,6 m, respectivamente. Esse aumento do alcance na profundidade de 0,20 - 0,40 m indica descontinuidade na distribuição espacial dos

dados em camadas mais profundas. O manejo do solo através de aplicação calcário pode ter contribuído para aumentar o alcance, caracterizando uma maior continuidade na distribuição das variáveis na camada mais profunda da área estudada e da baixa mobilidade deste atributo no solo. Valores semelhantes foram observados em trabalhos realizados por ARAUJO (2002) e SOUZA et al. (2003).

O índice de dependência espacial (IDE) para o cálcio, nas duas profundidades, apresentam elevada dependência espacial, com valores superiores a 75%, conforme classificação de Zimback (2001).

Verifica-se, através dos mapas de krigagem (Figura 3 e 4), uma semelhança nos padrões de ocorrência nos teores de cálcio mostrando que o mesmo apresentou correlação espacial nas duas profundidades analisadas. Para o entendimento das causas da variabilidade do solo, é preciso conhecer os processos do solo que operam em locais específicos. Esses processos estão muito ligados ao fluxo de água em subsuperfície.

Apesar da crença de que o calcário não se movimenta para camadas mais profundas, observa-se nas Figuras 3 e 4, que os níveis são semelhantes tanto na camada mais profunda, como naquela mais superficial, indicando possível movimentação deste. Caires & Rosolem (1998), mostraram que a calagem proporcionou elevação dos teores de cálcio no solo até a profundidade de 40 cm.

Sendo o calcário a única fonte de cálcio empregada no manejo da lavoura, fica evidente, através dos resultados desse trabalho, o efeito da calagem no aumento dos teores de cálcio nas duas profundidades estudadas. No entanto Soprano (1986) afirma que tanto a correção da acidez como a adição de cálcio em profundidade são muito pequenas quando calcário é aplicado na superfície. O efeito pode ser observado somente a médio e longo prazos. Sendo assim, os resultados desse trabalho, podem ser creditados ao fato de que a calagem apesar de ser prática rotineira no manejo de lavouras da café, não foi realizada na área em estudo durante um período de dois anos. Diante de tal fato, acredita-se que o acúmulo de cálcio nas camadas mais profundas, bem como a maior continuidade dos dados nessa camada seja pelo acúmulo desse elemento nessa profundidade.

A presença de cálcio nas soluções em contato com as raízes é essencial para a sua sobrevivência, pois não há a translocação do nutriente da parte aérea para as porções novas das raízes em crescimento. Isso se torna importante em camadas mais profundas, uma vez que, segundo Franco e Inforzato (1963), as radículas do cafeeiro atingem profundidades entre 2,2 e 2,5 m, no entanto em algumas variedades pode atingir até 3,70 m com concentração de 90%

do volume do sistema radicular nos primeiros 50 cm de profundidade, com maior concentração de raízes até 75 cm de distância da planta.

### Conclusão

- Os níveis de cálcio foram semelhantes na camada mais profunda, como naquela mais superficial;

- Sendo o calcário a única fonte de cálcio empregada no manejo da lavoura, fica evidente, através dos resultados desse trabalho, o efeito da calagem no aumento dos teores de cálcio nas duas profundidades estudadas.

### Referências

- ARAUJO, A.A.V. Variabilidade espacial de propriedades químicas e granulométricas do solo na definição de zonas homogêneas de manejo. 2002. 80f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do solo) – Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual de São Paulo.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:161-169, 2000.
- CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**., Campinas, v. 57, n. 1, 1998.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p
- GOES, L. A. C. Estatística – uma abordagem decisorial. São Paulo, Saraiva, 1980. 428 p.
- GONÇALVES, A. C. A; FOLEGATTI, M. V.; da MATA, J. D. V. Análises exploratórias e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. *Maringá*, v. 23, p. 1149-1157, 2001.
- MARIA, I.C. de; ROSSETTO R.; AMBROSANO, E.J.; CASTRO, O.M. de; NEPTUNE, A.M.L. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**., Piracicaba, v. 50, n. 1, 1993.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.
- SOPRANO, E. **Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo**. Viçosa: UFV, 1986. 92p. Tese de Mestrado.
- SOUZA, C.K. et al. Influência do relevo na variação anisotrópica dos atributos químicos e granulométricos de uma latossolo em Jaboticabal-SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.486-495, 2003.
- SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N.S.; STEWART, B.A. (Eds.). *Subsoil management techniques*. Athens: Lewis Publishers, 1995. p.147-185.
- 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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.