

ANÁLISE ESPACIAL DE VARIÁVEIS INDICADORAS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DO CAFEIRO CONILON

Rone Batista de Oliveira¹, Samuel de Assis Silva², Gustavo Soares de Souza², Renato Ribeiro Passos³, Luiz Carlos Prezotti⁴, Julião Soares de Souza Lima⁵

¹Mestrando em Produção Vegetal, CCA-UFES, Deptº Engenharia Rural, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES, e-mail: rone-ms@cca.ufes.br

²Graduando em Agronomia, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: samuel-assis@hotmail.com

³Prof. Adjunto do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo - CCA-UFES

⁴Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, e-mail: crdracserrano@incaper.es.gov.br

⁵Prof. Orientador, Deptº Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: jsslima@yahoo.com.br

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi estudar a variabilidade espacial de variáveis indicadores de fertilidade do solo em uma área sob cultivo de café conilon (*Coffea Canephora* Pierre). O experimento foi realizado no INCAPER, no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES. Inicialmente a área foi georeferenciada e posteriormente marcou-se uma grade irregular totalizando 60 pontos amostrais. Em cada ponto, coletaram-se amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m para análises químicas de rotina. Com base nessa análise, calculou-se a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). Os dados foram avaliados por estatística descritiva e por geoestatística, com base no ajuste de semivariogramas. Os indicadores de fertilidade solo apresentaram alta variabilidade na área estudada. Portanto, a amostragem ao acaso, em “zigue-zague” falharia em detectá-la e, por isso, esconderia a realidade. As técnicas de agricultura de precisão podem ser utilizadas na orientação do agricultor para um manejo de forma diferenciada e localizada, implicando em maior nível de eficiência desta atividade.

Palavras-chave: Análise descritiva, geoestatística, amostragem, mapas.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

No Brasil, a quase totalidade das lavouras de café, genericamente conhecido por Robusta, é do cultivar Conilon (*Coffea canephora* Pierre), e o Espírito Santo é o maior produtor nacional, destacando-se ainda os estados de Rondônia, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Rio de Janeiro. Atualmente, mais de 60% do café produzido no Espírito Santo se origina desta cultivar, e responde por cerca de 70% da produção brasileira. Apesar de sua importância sócio-econômica para o Estado, a produtividade do café conilon é baixa, isto é, aquém do potencial desta cultivar (BRAGANÇA, 2001).

Através dos avanços tecnológicos na agropecuária, especialista tem notado, cada vez mais, que os diversos setores da agricultura não podem ser tratados de maneira homogênea no que diz respeito à medição de variáveis nas áreas agrícolas. Neste sentido, a variação espacial e temporal deve ser considerada para que se possa ter melhor aplicação e aproveitamento de insumos, podendo assim melhorar a produtividade, reduzir o custo de produção e o impacto ambiental causado pelo excesso utilizado (FARIAS, 2003).

Devido às limitações da estatística clássica, de suas exigências nunca terem sido testadas em condições de campo e serem dificilmente

satisfeitas, já que a maioria das propriedades do solo varia no espaço e tempo, torna-se necessária a utilização de ferramentas estatísticas que considerem e reflitam essas variações (SILVA, 1989).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a variabilidade espacial de variáveis indicadores de fertilidade do solo em uma área sob cultivo de café conilon (*Coffea Canephora* Pierre).

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Bananal do Norte, situada na latitude 20° 45' 17.31" S e Longitudes 41° 17'8.86" W, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), no município de Cachoeiro de Itapemirim, estado do Espírito Santo.

A área vêm sendo cultivada com café *Coffea canephora* Pierre (EMCAPER 8151 Robusta Tropical), com 5 anos de plantio em nível no espaçamento de 3,0 x 1,0 m totalizando 3.333 plantas ha⁻¹. A mesma, foi dividida em pontos amostrais, definidos como células, situados dentro de uma grade irregular com 60 pontos. O espaçamento entre células foi de aproximadamente 10 m uma da outra, na linha, sendo que cada célula foi composta de 5 pés (plantas) de café formando uma área de 15 m². No

centro de cada célula foi realizada amostragem de solo na projeção da copa nas profundidades de 0-0,20 m, para análise química de rotina. Com base nessas análises, calcularam-se a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%), conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997).

Os resultados no primeiro momento passaram por 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. Em segundo momento realizou-se a análise geostatística para quantificar o grau de dependência espacial, utilizando o semivariograma clássico de Matheron pelo software GS⁺ (ROBERTSON, 1998). O semivariograma foi estimado pela seguinte expressão:

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

em que γ é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$; h é a distância entre pontos amostrais e $N(h)$ é o número total de pares de pontos possíveis, dentro da área de amostragem com distância h (VIEIRA, 2000). Foi efetuada a interpolação, através da técnica de krigagem ordinária, segundo Tabios & Salas (1985), e de posse desses resultados foram confeccionados os mapas temáticos.

Resultados

Na Tabela 1 encontra-se a análise descritiva das variáveis químicas do solo avaliadas na área de estudo.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis químicas na área de estudo

Parâmetros Estatísticos	Atributos químicos		
	SB (cmol _c dm ⁻³)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	V (%)
Média	3,25	7,94	40,15
Mediana	3,20	7,70	38,00
Variância	1,07	1,38	13,88
Mínimo	1,00	4,70	4,90
Máximo	5,70	11,80	73,30
Cv (%)	32,92	17,38	34,57
C _s	-0,19	0,39	0,03
C _k	0,13	-0,31	-0,20
<i>p</i> -valor	0,747 ^{ns}	0,771 ^{ns}	0,901 ^{ns}

Cv- coeficiente de variação; C_s- Coeficiente de simetria; C_k- coeficiente de curtose; ^{ns}- distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk's a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentados os modelos e parâmetros dos semivariogramas médios das variáveis SB, CTC E V%. É chamado de semivariograma médio porque todas as direções do vetor h são consideradas (0°, 45°, 90° e 135°) e, implicitamente, assume-se isotropia, ou seja, variabilidade idêntica em todas as direções.

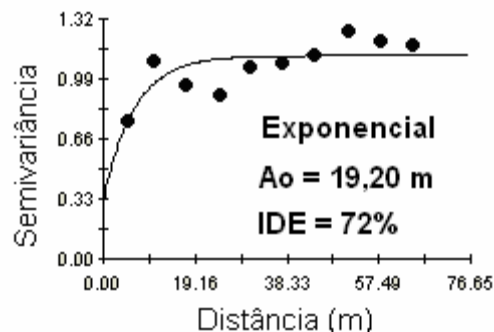


Figura 1. Modelo e parâmetros estimados pelo semivariograma para SB (Soma de Bases).

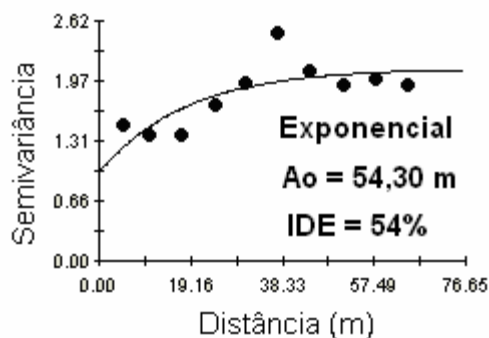


Figura 2. Modelo e parâmetros estimados pelo semivariograma para CTC (Capacidade de Troca de Cátions).

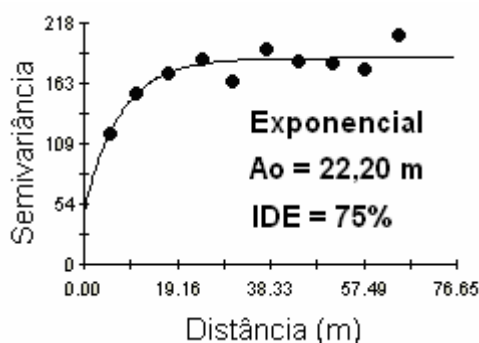


Figura 3. Modelo e parâmetros estimados pelo semivariograma para V% (Saturação por Bases).

Conhecido o semivariograma teórico para as variáveis, foram interpolados os valores pelo método de krigagem ordinária, expressando os resultados em forma de mapas (Figura 4, 5 e 6).

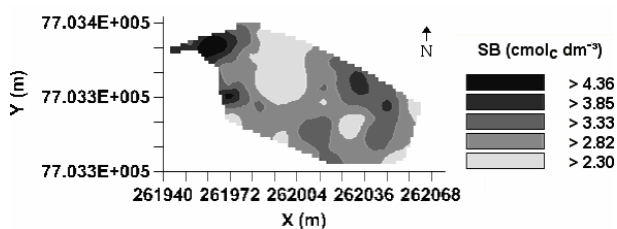


Figura 4 – Mapa da variável SB (Soma de Bases).

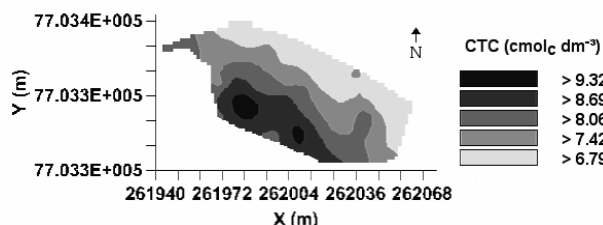


Figura 5 – Mapa da variável CTC (Capacidade de Troca de Cátions).

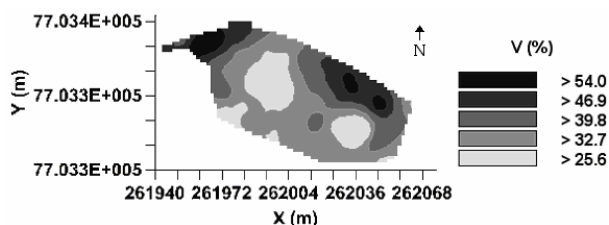


Figura 6 – Mapa da variável V% (Saturação por Bases).

Discussão

Inicialmente foi realizada uma análise exploratória para verificar a presença de valores discrepantes (“outliers”). Para todas as variáveis foi encontrado um valor candidato, optando-se pela exclusão deste ponto devido sua influência sobre as medidas de posição e dispersão.

A variável SB apresentou distribuição de frequência com média e mediana semelhantes, portanto, considerados como simétrica. As variáveis CTC e V% apresentaram distribuição de frequência platicúrtica, ou seja, com curtose menor que zero, mostrando uma tendência desses atributos apresentarem maior dispersão dos dados em torno da média. É importante ressaltar que o software GS⁺ (ROBERTSON, 1998), utilizado para análise descritiva, adota como padrão o valor zero para distribuição mesocúrtica. A análise de normalidade dos dados, Shapiro - Wilk's (W), revelou que todos os dados seguiram distribuição normal padrão concordando com os dados encontrados por Vieira (1997), embora, a não normalidade seja comum quando se trata de dados obtidos na natureza (WEBSTER, 1985).

Em relação à variabilidade dos dados, medida pelo CV (%), os maiores valores de coeficientes

foram encontrados para SB e V% e, em geral, foram classificados como médios para todas as variáveis, com base nos limites do CV propostos por Warrick & Nielsen (1980), para classificação de variáveis do solo (CV < 12%), (12% < CV < 60%) e (CV > 60%) para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente. Segundo Landim (2003), o coeficiente de variação fornece uma medida relativa da precisão do experimento, sendo bastante útil na avaliação da dispersão dos dados.

A geoestatística foi utilizada para verificar a existência e, neste caso, quantificar o grau de dependência espacial dos valores das variáveis estudadas, a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de semivariogramas (ORTIZ, 2003).

A dependência espacial apresentou moderada para os atributos SB e CTC, e forte para V(%), considerando os limites propostos por CAMBARDELLA et al. (1994), em que a dependência espacial para valores ≤ 25 % é considerada fraca; entre 25% e 75%, moderada e ≥ 75 % dependência forte.

A visualização a respeito da variabilidade espacial para SB, CTC e V%, foi possível a partir do mapeamento com o uso da interpolação pela técnica da krigagem ordinária, a qual estimou, sem tendenciosidade e com mínima variância valores de um atributo para locais não amostrados a partir da interpolação dos valores amostrados.

A variável CTC (Figura 5) revela um decréscimo significativo na direção y, ou seja, no sentido do declive do terreno, enquanto que V%, (Figura 6) manifesta comportamento contrário.

De acordo com Vieira (1997), para qualquer uma dessas variáveis é possível notar que uma amostragem da forma convencional (ao acaso em “zigue-zague”) para a cultura do café, para análise de fertilidade do solo, falharia em apresentar as variações encontradas. Dessa maneira quando se amostra da forma convencional, está-se escondendo uma variação que deve ser considerada.

O solo amostrado demonstra necessidade de correção de acidez, indicada pelos valores baixos de V%, que estão muito aquém da necessidade da cultura do cafeeiro (Figura 6). Se fosse feita aplicação de calcário suficiente para corrigir a acidez desse solo, os resultados encontrados quanto à variabilidade espacial dos atributos químicos seriam diferentes. Portanto, considerando que uma amostragem se faz mais necessária quando o solo está precisando de correção, a condição encontrada neste trabalho reflete a realidade.

Conclusão

A análise dos mapas possibilitou a distinção de regiões com menor e maior variabilidade das variáveis, o que possibilitaria um manejo de forma

diferenciada e localizada, implicando em maior eficiência de aplicação.

A variabilidade dos indicadores de fertilidade é alta na área estudada. Portanto, a amostragem convencional adotada falharia em detectá-la e, por isso, esconderia a realidade.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida e ao INCAPER pela disponibilidade da área.

Referências

- BRAGANCA, S. M., CARVALHO, C. H. S., FONSECA, A. F. A. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.36, n.5, p.765-770, 2001.

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, 1994.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.

- FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J.C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: Mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal,SP, v. 25, n. 2, 2003.

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

- ORTIZ, J.L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo**. 2003 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). ESALQ-USP, Piracicaba, 2003.

- ROBERTSON, G. P. GS⁺: **Geostatistics for the environmental sciences** – GS⁺ User's Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.

- TABIOS, G. Q.; SALAS, J. D. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. **Water Resour. Bull.**, v.21, p. 365-80, 1985.

- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo roxo de Campinas

(SP). **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p. 181-190,1997.

- VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉM, A. (ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.93-108.

- 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.

- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advanced in soil science**, 1985. v.3, p. 1-70.