



Variabilidade espacial de cálcio e magnésio em solo cultivado com macadâmia no norte do Espírito Santo⁽¹⁾.

Jaqueline Orlandi Paris⁽²⁾; Arthur Barros Ziviani⁽²⁾; Andressa Coelho de Oliveira⁽²⁾; Wallas Oliveira Lima⁽²⁾; Alexandro Gomes Facco⁽³⁾; Ivoney Gontijo⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo.

⁽²⁾ Estudante de graduação da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; jack_orlandi@hotmail.com; arthurbarrosziviani@hotmail.com; andressa.coelho8@hotmail.com; wallasdeoliveiralima@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo; São Mateus, ES; alexandro.facco@ufes.br; ivoney.gontijo@ufes.br

RESUMO: Apesar de pouco difundido por ser um produto destinado para exportação, a macadâmia faz do Brasil o 6º maior exportador da noz. Objetivou-se no presente trabalho descrever a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em uma lavoura cultivada com macadâmia, no município de São Mateus, Espírito Santo. O experimento foi conduzido em uma área com macadâmia. Foi instalada uma malha quadrangular de 100 x 100 m com 100 pontos e com distância mínima de 5 m, onde foram coletadas amostras de solo na profundidade 0-20 cm para análise química determinando-se os teores dos atributos Ca e Mg. Os dados foram submetidos à análise geoestatística, como para definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo, obtendo-se, assim, os semivariogramas dos atributos químicos. A análise da dependência espacial foi feita com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7[®]. Os nutrientes apresentaram índice de dependência espacial moderado, cujo modelo que melhor se ajustou foi o esférico, explicados pelo valor do coeficiente de determinação. Os resultados obtidos permitiram a geração dos mapas isolinhas, que neste caso, reflete na semelhança da distribuição dos nutrientes. O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo pode ser fundamental no auxílio da tomada de decisão devido mostrar-se como ferramenta relevante na compreensão do comportamento dos nutrientes no solo, visando à maior produtividade da lavoura.

Termos de indexação: *Macadamia integrifolia*, geoestatística, atributos químicos.

INTRODUÇÃO

A cultura da macadâmia ainda é pouco conhecida no Brasil, provavelmente devido ao fato de este ser destinado quase que exclusivamente para exportação (Pimentel, 2007). Apesar de pouco difundido, em 2012, com cerca de 6.000 ha de área plantada, o Brasil produziu 3.200 toneladas de noz macadâmia em casca anualmente, ocupando a sexta posição em exportação mundial (Schneider et al., 2012). Atualmente o Brasil ocupa a sétima

posição em produção mundial (Perdoná et al., 2014).

Os solos do Estado do Espírito Santo são, em geral, de baixa fertilidade, podem acarretar na limitação de produção das lavouras devido às deficiências dos nutrientes necessários (Prezotti et al., 2007). O abortamento floral é um dos principais problemas que contribuem na queda de produção, e um dos fatores responsáveis é o desequilíbrio nutricional (Perdoná et al., 2014). No Havaí, onde o cultivo de macadâmia desenvolve-se em grande escala, são vários os problemas enfrentados pelos agricultores em relação ao desequilíbrio nutricional (Marrocos et al., 2003). Aliado a este fato surge a moderna Agricultura de Precisão, fazendo uso do gerenciamento do processo de produção em função da variabilidade (Carvalho et al., 2002).

Estudos referentes à dosagem de fertilizantes nas diversas culturas são comuns, porém são escassos os trabalhos que consideram a variabilidade espacial dos atributos do solo. Assim, torna-se necessário um planejamento de amostragem eficiente e representativo para os atributos químicos do solo em que se leve em consideração sua estrutura de dependência espacial.

Objetivou-se no presente trabalho descrever a variabilidade espacial dos macronutrientes cálcio e magnésio, em uma lavoura cultivada com macadâmia, no município de São Mateus – ES.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Latossolo Amarelo distrocoeso, cultivado com macadâmia (*Macadamia integrifolia*) localizada no município de São Mateus – ES de acordo com **figura 1**.

Foi instalada uma malha quadrangular de 100 x 100 m (10.000 m²) com 100 pontos distanciados de 5 x 5 m. Para georreferenciamento da área foi utilizado um par de receptores Spectra Precision®, modelo PROMARK 220 geodésico. As coordenadas obtidas foram corrigidas e os dados processados pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE apresentaram precisão de 10 mm + 1 ppm. Em cada ponto amostral foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa da

macadãmia, compondo uma amostra, na profundidade 0-20 cm para análise química do solo, realizada no Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO), do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, campus da Universidade Federal do Espírito Santo (CEUNES-UFES). As análises químicas consistiram de Cálcio e Magnésio de acordo com Embrapa (1997).

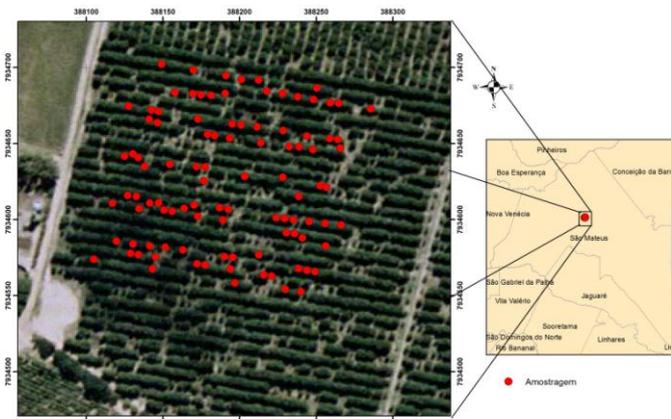


Figura 1 – Croqui da área experimental.

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, com o objetivo de definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos nesse estudo, obtendo-se os semivariogramas correspondentes. A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7® (Gamma Design Software, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada na equação 1 (Vieira et al., 1983):

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2}{2n(h)} \quad (1)$$

em que: $n(h)$ número de pares amostrais $[z(x_i); z(x_i + h)]$ separados pelo vetor h , sendo $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$, valores numéricos observados do atributo analisado, para dois pontos x_i e $x_i + h$ separados pelo vetor h .

O índice de dependência espacial (IDE), que é a proporção em porcentagem do componente estrutural (C) em relação ao patamar ($C_0 + C$), foi calculado usando a equação 2, de acordo com Zimback (2001), que apresenta as seguintes proporções: (a) dependência fraca < 25%; (b) dependência moderada de 25 a 75 %; (c) dependência forte > 75 %.

$$IDE = \frac{C}{C_0 + C} 100 \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis estudadas apresentaram estrutura de dependência espacial, expressa por meio dos ajustes aos modelos de semivariogramas (Tabela 1 e Figura 2). Verifica-se que os nutrientes em estudo apresentaram índice de dependência espacial moderado ($25\% > IDE > 75\%$), concordando com Souza et al. (2008) e posteriormente com Lima et al. (2010), que também utilizaram a classificação segundo Zimback (2001). Assim, quanto maior a razão do componente estrutural em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelos atributos químicos, desse modo proporcionando melhor estimativa pela técnica da krigagem para locais não amostrados Lima et al. (2010).

O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas foi o esférico, concordando com Santos et al. (2012). Este modelo é um dos mais utilizado por pesquisadores para descrever o comportamento de semivariogramas de atributos de solo e plantas (Silva et al., 2007). Resultados semelhantes foram obtidos por Dalchiavon et al. (2012), que também encontraram melhor ajuste no modelo esférico para os macronutrientes Ca e Mg na camada 10-20 cm.

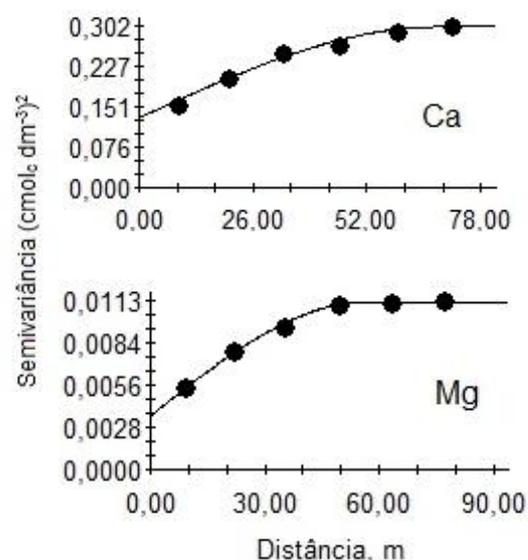


Figura 2 - Modelos esféricos de semivariogramas ajustados para cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Verificou-se que os valores de R^2 dos nutrientes foram maiores que 0,984, ou seja, mais de 98,4% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados. O Coeficiente de Validação Cruzada (CRCV) foi de 85,5% e 83,5%, para o Ca e o Mg, respectivamente, utilizando a técnica de

krigagem indicam confiabilidade, portanto, menor erro.

Tabela 1 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para cálcio e magnésio em uma área cultivada com macadâmia, São Mateus – ES.

Parâmetros ¹	Ca		Mg
	----- cmolc dm ⁻³ -----		
Modelo	Esf.	Esf.	
IDE (%)	56,7	67,9	
R ² (%)	98,4	99,7	
CRCV (%)	85,5	83,5	
A (m)	68,2	56,7	

¹ IDE – índice de dependência espacial; R² – coeficiente de determinação; CRCV – coeficiente de validação cruzada; Esf. – modelo esférico.

Observou-se que o Ca apresentou o maior alcance (68,2 m) entre ambos os nutrientes. Segunda Souza et al. (2004) altos alcance do cálcio podem ser explicados devido ao manejo do solo adotado através da calagem ou adubação, o que pode ter contribuído para aumentar o alcance caracterizando uma continuidade maior na distribuição desta variável. O alcance da dependência espacial é um atributo importante no estudo dos semivariogramas, haja vista que representa a distância máxima em que os pontos amostrais estão correlacionados espacialmente entre si (Chaves & Farias, 2009) ou seja, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance, são mais semelhantes entre si, do que os separados por distâncias maiores.

Os parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas, utilizando o processo de krigagem, foram estimados os valores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). A partir dos valores estimados construíram-se os mapas de isolinhas apresentado na **figura 3**.

Verifica-se semelhança na disposição dos nutrientes no mapa. Os maiores teores de cálcio estão localizados na região noroeste, juntamente com o magnésio, sendo que este estende-se para o leste da área. Segundo Prezotti et al. (2007), os teores de Ca na área encontram-se na classe médio (1,5 a 4,0 cmol_c dm⁻³). Enquanto os teores de Mg encontram-se na área em teores classificados como baixo (< 0,5 cmol_c dm⁻³). Ambos demonstram que a tendência geral de condições mais propícias ao desenvolvimento das plantas se encontra no centro da área em estudo. Portanto, observa-se que a adubação e o preparo do solo influenciam na variabilidade espacial dos nutrientes químicos do solo.

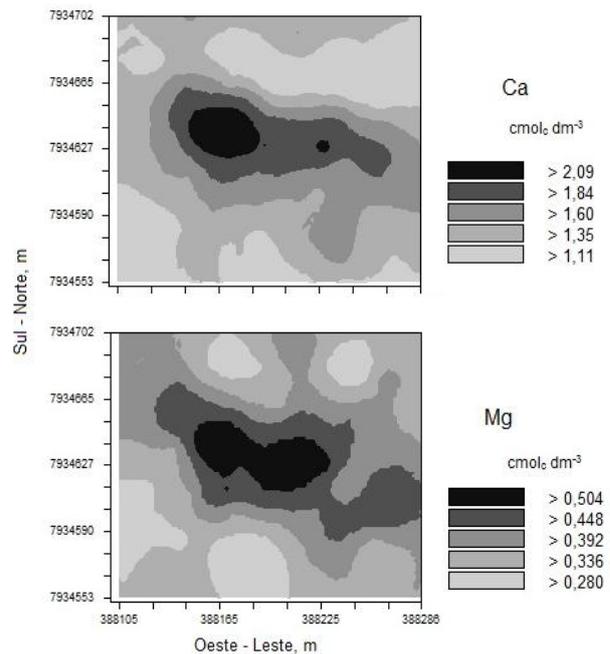


Figura 3 - Mapas isolinhas dos atributos químicos do solo em estudo: cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

CONCLUSÕES

A análise demonstrou que os elementos estudados apresentaram-se estruturados espacialmente, com dependência espacial moderada.

O modelo esférico foi o que melhor se ajustou para os elementos avaliados, observado pelos altos valores de coeficiente de determinação.

Os alcances da dependência espacial para Ca e Mg foram similares, 68,2m e 56,7m, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador pela oportunidade e colaboração, e à UFES pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37:1151-1159, 2002.
- CHAVES, L. H. G. & FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. Revista Ciência Agronômica, 40:211-218, 2009.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob

Sistema Plantio Direto. Revista Ciência Agronômica, 43:453-461, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. Geostatistics for the environmental sciences. Version 7.0. Michigan, 2004. 1CD-ROM.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. Revista Árvore, 34:127-136, 2010.

MARROCOS, P. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A.; BRUCKNER, C. H.; CANTARUTTI, R. B. Interação P x Fe em mudas de macadâmia. Revista Brasileira de Fruticultura, 25:323-325, 2003.

PERDONÁ, M. J.; MARTINS, A. M.; SUGUINO, E.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade da noqueira macadâmia em função de doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48:395-402, 2013.

PERDONÁ, M. J.; SUGUINO, E.; MARTINS, A. N.; SORATTOS, R. P. Abortamento de frutos da noqueira macadâmia sob influência da adubação mineral. Revista Ceres, 61:392-398, 2014.

PIMENTEL, L. D. A cultura da macadâmia. Revista Brasileira de Fruticultura, 29:414-716, 2007.

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

SANTOS, E. O. J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16:1062-1068, 2012.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. Acta Scientiarum Agronomy, 30:589-596, 2008.

SCHNEIDER, L. M.; ROLIM, G. S.; SOBIERAJSKI, G. R.; PRELA-PANTANO5, A.; PERDONÁ, M. J. Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, 34:515-524, 2012.

ZIMBACK, C. R. L. Análise especial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo. 2001, 114 f. Tese de livre docência - Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp, Botucatu.