

DELINEAMENTO DE ZONAS DE MANEJO PARA MACRONUTRIENTES EM LAVOURA DE CAFÉ CONILON CONSORCIADA COM SERINGUEIRA

Eduardo Oliveira de Jesus Santos¹, Flávia Barreto Pinto²,
Marina de Almeida Barbosa³, Ivoney Gontijo⁴

(Recebido: 12 de agosto 2014 ; aceito: 12 de novembro de 2014)

RESUMO: Estudos que visem delinear zonas de manejo e a variação espacial de atributos de solo podem contribuir para a aplicação racional de insumos, possibilitando ganhos econômicos e ambientais. Objetivou-se, no presente estudo, determinar a distribuição espacial dos macronutrientes do solo, Ca, Mg, K e P, bem como a definição de zonas de manejo para aplicação de insumos em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira, utilizando-se a técnica de agrupamento por método hierárquico associada à geoestatística. O estudo foi realizado no município de Nova Venécia, ES. A área experimental possui dimensões de 24 x 63m (1.512m²) e relevo com forma convexa, onde demarcou-se uma malha de 60 pontos amostrais. Em cada ponto amostral foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa do cafeeiro, compondo uma amostra, na profundidade de 0-0,20 m. Coletou-se também uma amostra composta pelo método de amostragem tradicional, caminhamento em zigue-zague, formada por 15 subamostras. Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória multivariada: agrupamento hierárquico, segundo o método Ward, com o intuito de definir os números de grupos ou de zonas de manejo. Os dados foram submetidos à análise geoestatística. No dendrograma obtido com a aplicação da técnica de análise de agrupamento, separaram-se três grupos ou zonas de manejo. A análise de agrupamento integrada com a caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo foi eficaz na definição de zonas de manejo na lavoura em estudo

Termos para indexação: *Coffea canephora*, geoestatística, planejamento amostral.

DELIMITATION OF MANAGEMENT ZONES FOR MACRONUTRIENTS IN OF COFFEE CROP CONILON INTERCROPPING WITH RUBBER TREES

ABSTRACT: Studies on the determination of management zones and the spatial variation of attributes associated with yield response of crops soil can contribute to the rational application of inputs, enabling economic and environmental gains. The purpose of this study was to determine the spatial distribution of soil macronutrients Ca, Mg, K and P and defining management zone for application of inputs in a conilon crop intercropped with rubber, using the technique of cluster analysis. The study was conducted in the Nova Venecia, municipality of Espírito Santo, state Brazil. The experimental area has dimensions of 24 x 63m (1.512m²) and embossed with convex shape, where we marked a grid of 60 sampling points. At each sample point were collected four replicates of soil in the projection of the coffee canopy, forming a sample at a depth of 0-0,20 m. Also collected one comprises the traditional method of sampling pathway zigzag sample was composed of 15 subsample. The results obtained were subjected to multivariate exploratory analysis: hierarchical clustering, according to the Ward's method, in order to set the number of groups or management zones. The data were subjected to geostatistical analysis. In the dendrogram obtained with the technique of cluster analysis, three separate groups or management zones. The integrated cluster analysis with the characterization of the spatial variability of soil attributes was effective in defining areas of study in the plantation managements.

Index terms: *Coffea canephora*, geostatistics, sample planning

1 INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), vem sendo produzido de maneira crescente no estado do Espírito Santo e é considerada hoje a atividade mais importante do setor agrícola. A produção estimada no Brasil, no ano de 2014, é de 12,33 milhões de sacas, o que representa um crescimento de 13,5%, em relação à safra de 2013. A estimativa de 9,35 milhões de sacas, para a produção do ano de 2014, para o Estado representa, aproximadamente,

76% da produção nacional e cerca de 20% da mundial (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014), e parte dessa produção provém de lavouras de café conilon consorciada com plantas arbóreas, com destaque para a seringueira.

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Miill. Arg] é uma espécie amazônica, porém com grande capacidade de adaptação em diversas condições climáticas (PILAU et al., 2007). Seu plantio é incentivado pelos governos estaduais e tem caráter social, possibilitando a

^{1,2,3,4}Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo/CEUNES
Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical/PPGAT - Rodovia BR 101 Norte Km 60 - Bairro Litorâneo
29.932-540- São Mateus - ES - eduardoliviera@hotmail.com, flaviabarto_ufrv@yahoo.com.br, marinalmeidabarbosa@gmail.com,
ivoneygontijo@ufes.br

melhoria da qualidade de vida das comunidades locais (ROSSMANN; GAMEIRO, 2006), como ocorre no Espírito Santo.

O sistema de consórcio entre as culturas citadas está se tornando um tipo de plantio atrativo para agricultores, no norte do Espírito Santo. Porém, ainda há poucas informações e inúmeras dúvidas, em relação ao manejo de adubação neste sistema. Os atributos químicos do solo possuem dinâmica de distribuição diferenciada, ao longo da diversidade de forma do relevo, decorrentes das alterações provocadas pelo sistema de manejo agrícola adotado (SOUZA et al., 2008). Siqueira, Marques Júnior e Pereira (2010), trabalhando com a cultura da laranja, propuseram a associação das técnicas de geoestatística e análise multivariada com o estudo das formas de relevo, para a identificação de áreas com diferentes potenciais.

O reconhecimento da distribuição espacial de propriedades químicas do solo é de fundamental importância para a determinação das zonas de manejo da cultura (SANTOS et al., 2003). A compreensão e a classificação dessa variabilidade dos atributos do solo e seus efeitos na produtividade das culturas são componentes importantes para o gerenciamento localizado de sistemas agrícolas (JIANG; THELEN, 2004). Por meio do mapeamento dos atributos químicos do solo, é possível a identificação de regiões de maior homogeneidade, permitindo assim, que as práticas agrônômicas possam ser transferidas para ambientes semelhantes (SIQUEIRA et al., 2010).

Desse modo, objetivou-se determinar a distribuição espacial dos macronutrientes Ca, Mg, K e P no solo, bem como a definição de zonas de manejo, para aplicação de insumos em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira, utilizando a técnica de agrupamento por método hierárquico associada à geoestatística.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Nova Venécia, norte do estado do Espírito Santo, cujas coordenadas geográficas são 18°43'40,6" S e 40°23'25,5" W, com uma altitude média de 65 m. O clima é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por tropical com uma estação seca. A região é recoberta predominantemente pela Formação Barreira, distribuída ao longo do litoral, sobre as rochas do Pré-Cambriano, do embasamento Cristalino (BRASIL, 1970). O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

A área experimental é cultivada com o consórcio de café conilon-seringueira. A lavoura foi implantada em janeiro de 2012, com o plantio da cultura da seringueira, no espaçamento 3 x 3m. Após três meses, foi realizado o plantio do café conilon, no espaçamento de 3 x 1m, mantendo-se 4 hastes por plantas. Verificou-se no histórico da área que a cultura cultivada anteriormente foi a *Brachiaria brizantha*. Na ocasião de implantação da lavoura, realizou-se a aplicação de 800 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total, o qual foi incorporado pela operação de subsolagem, com equipamento regulado a 0,80 m de profundidade, no preparo do solo. Antes do plantio, realizou-se a aplicação de 250 g de calcário dolomítico no fundo da cova, em seguida foi adicionada a adubação de cova com 4,0 kg de esterco curtido de galinha de granja, 20 g de FTE BR – 12 (1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn, 0,1% de Mo e 8% de Zn) e 200g de superfosfato simples. Durante o primeiro ano, aplicou-se 20g do formulado NPK 20-00-20, alternado com ureia sulfatada, a cada 40 dias. A partir do segundo ano, foi aplicado 650g do formulado 20-05-20 por plantas, parcelando em oito aplicações, com intervalos de 45 dias.

Demarcou-se, com o auxílio de uma trena, uma malha quadrangular de 24 x 63 m (1.512 m²), com 60 pontos (Figura 1). Em cada ponto amostral, foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa do cafeeiro, em cada um dos pontos cardeais, formando uma amostra composta. Realizou-se também, a amostragem tradicional, coletando 15 subamostras constituindo uma amostra composta, com caminhamento em ziguezague ao longo da área experimental, compondo uma amostra de aproximadamente 500 cm³, na profundidade de 0-0,20m, para obtenção de dados referentes à fertilidade do solo (Cálcio, Magnésio, Fósforo e Potássio), de acordo com EMBRAPA (1997). Nos dois esquemas de amostragem, em malha e tradicional, utilizou-se um amostrador de solo tipo “sonda” e os teores dos macronutrientes no solo da amostra composta, realizada pelo método tradicional foram: 4,9 cmol_c dm⁻³, 1,2 cmol_c dm⁻³, 11,7 mg dm⁻³ e 142 mg dm⁻³ para o Ca, Mg, P e K, respectivamente.

A amostragem de solo realizada, utilizando como parâmetro a cultura do café conilon, justifica-se pois o conilon é a cultura principal, além de apresentar demanda maior de nutrientes, em relação à seringueira, pela produção anual de grãos e representar a realidade do manejo realizado pelos produtores rurais.

Não existe literatura que aborde a recomendação de fertilizantes para o consórcio café-seringueira, desse modo adotou-se a recomendação para a cultura principal.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória multivariada: agrupamento hierárquico, segundo o método Ward, com o intuito de classificar os macronutrientes do solo em grupos homogêneos (SILVA; LIMA, 2012). Também conhecida como análise de “Cluster”, este método realizou agrupamentos dos macronutrientes das amostras. Assim, os elementos químicos, em estudo, pertencentes a um mesmo grupo, sejam similares entre si, com relação às variáveis consideradas e os elementos de grupos diferentes sejam heterogêneos, em relação às essas mesmas características (SILVA JÚNIOR et al., 2012a; WEBSTER; OLIVER, 1990). Iniciou-se esta técnica, com aplicação da equação 1, cuja a finalidade foi a padronização dos dados, para que cada variável tenha suas escalas normalizadas para o padrão Z ($\mu=0$; $s=1$).

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_{ij}}{S_i} \quad (1)$$

onde: X_{ij} – valor da j-ésima observação da i-ésima variável, \bar{X}_{ij} – média da variável X_{ij} , S_i – desvio padrão da variável X_{ij} , Y_{ij} – j-ésima observação da i-ésima variável padronização.

Este modelo de agrupamento hierárquico foi usado para definir o número classes ou zonas de manejo, as quais foram definidas “a sentimento”, cujo pesquisador especifica o nível de agrupamento, de acordo com um critério de fácil interpretação (MARDIA; KENT; BIBBY, 1997; SILVA JÚNIOR et al., 2012a). Após a definição das zonas, realizou-se a média aritmética dos macronutrientes do solo para cada grupo. Para realização dessas análises, utilizouse o software estatístico Action v. 2.3 (ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

A análise da dependência espacial foi realizada pela geoestatística, com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983):

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

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 os pontos x_i e x_i+h separados pelo vetor h .

Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação, obtido pelo método de validação cruzada (AMADO et al., 2007). Foi calculado o índice de dependência espacial (IDE), que é a proporção em percentagem do efeito pepita (C_o), em relação ao patamar (C_o+C), dada pela equação 3:

$$IDE = \frac{C_o}{C_o+C} 100 \quad (3)$$

Classificou-se o índice de dependência espacial, de acordo com Cambardella et al. (1994): (a) IDE forte < 25%; (b) IDE moderado de 25 a 75% e (c) IDE fraco > 75%.

Foram confeccionados também mapas de distribuição espacial, de acordo com o índice de fertilidade do solo (Tabela 1), segundo Prezotti et al. (2007) para o estado do Espírito Santo.

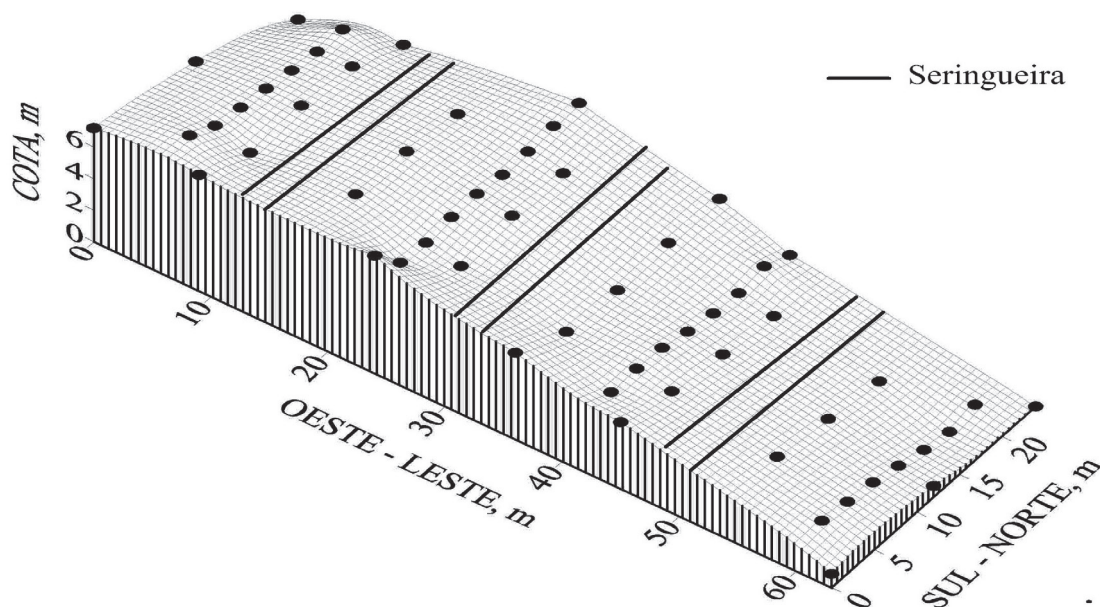


FIGURA 1 - Modelo de elevação digital da área estudada, com relevo de forma convexa.

TABELA 1 - Níveis para interpretação de resultados analíticos, segundo a classificação de Prezotti et al. (2007).

	Ca	Mg	Argilosa *	P Média	Arenosa	K
	----- cmol _c dm ⁻³ -----			----- mg dm ⁻³ -----		
Nível baixo	< 1,5	< 0,5	< 5	< 10	< 20	< 60
Nível médio	1,5 – 4,0	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	20 – 30	60 – 150
Nível alto	> 4,0	> 1,0	> 10	> 20	> 30	> 150

* - Classificação textural de acordo com EMBRAPA (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos, ajustados aos semivariogramas pelo uso da técnica de geostatística, mostraram que todos os macronutrientes do solo em estudo apresentaram dependência espacial (Figura 2 e Tabela 2). O modelo esférico foi o que melhor se ajustou aos semivariogramas para todos os atributos químicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Bottega et al. (2011) para o Ca e Mg, estudando a distribuição espacial de atributos químicos em um Latossolo Vermelho distroférico, por Silva et al. (2010), para o P em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com a cultura do café conilon e por Hou-Long et al. (2010), para o P e K, em uma lavoura de tabaco. Cambardella et al. (1994) e Grego e Viera (2005), relatam que o modelo esférico possui melhor adaptabilidade

para descrever o comportamento dos atributos de solo e de plantas, desse modo, tornando-se uns dos mais usados na ciência do solo.

Verificou-se que os macronutrientes do solo apresentaram índice de dependência espacial moderado, conforme Cambardella et al. (1994). Classificação semelhante foi observada por Marques Júnior et al. (2008) para o K e P em Latossolo cultivado com a cultura da cana de açúcar, por Souza et al. (2009) para o P em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com a pastagem *Brachiaria decumbens* Stapf. e por Cobo et al. (2010) para Ca e Mg em uma área cultivada com milho. Cavalcante et al. (2007) salienta que o IDE moderado observado, pode ser justificado pela homogeneização do solo, proporcionada pela aplicação de insumo, nos diferentes sistemas de uso e manejo.

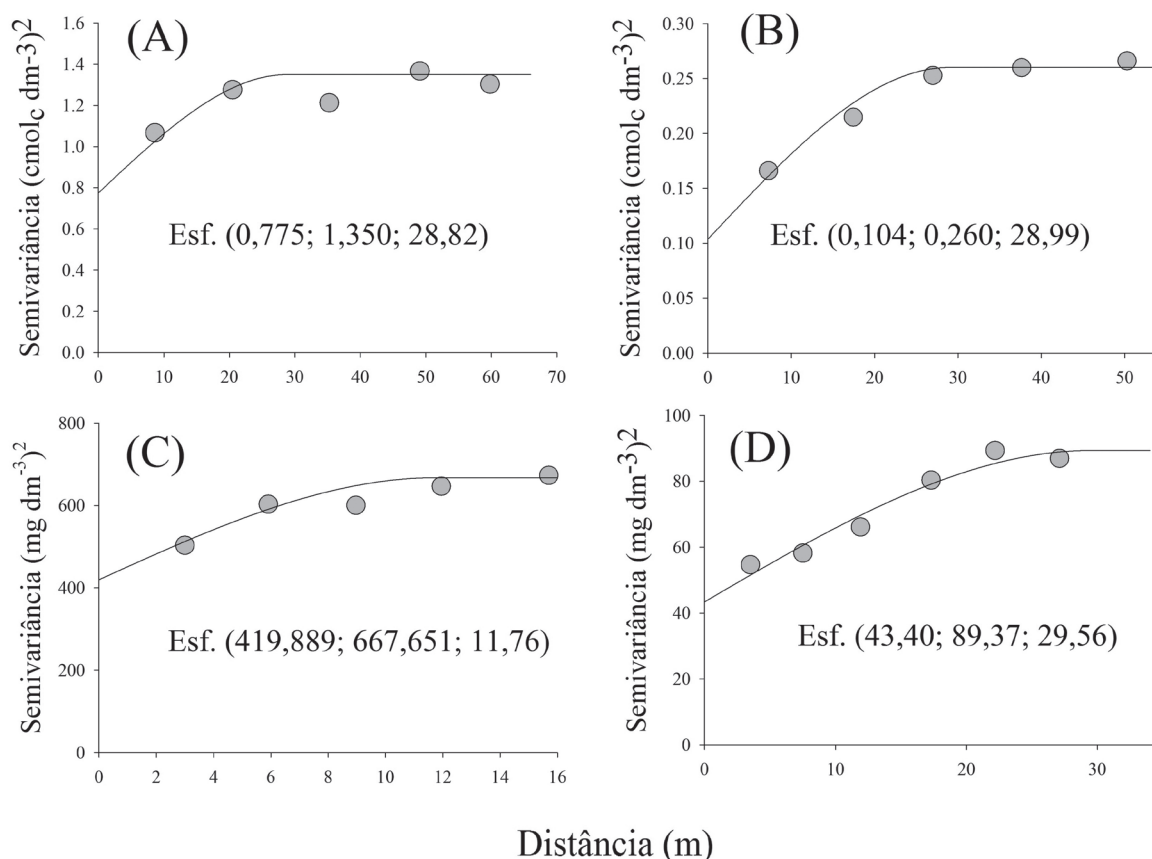


FIGURA 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D). Valores entre parênteses são efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C) e alcance (a) em metros, respectivamente. Esf. – modelo esférico.

TABELA 2 - Parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para os macronutrientes do solo, em uma lavoura de café consorciada com seringueira cultivada no município de Nova Venécia, ES.

Nutrientes	IDE	R ²		CRCV	SQR
		----- % -----			
Ca	42,6	75,7		92,4	2,32 10 ⁻²
Mg	60,1	96,6		90,6	2,69 10 ⁻⁴
K	37,1	87,4		72,2	3013,0
P	51,4	95,6		67,6	48,8

IDE – índice de dependência espacial; R² – coeficiente de determinação; CRCV – coeficiente de regressão de validação cruzada; SQR – soma de quadrado de resíduo.

No presente estudo, os valores do coeficiente de determinação (R²) variaram entre 75,7 a 96,6%. O CRCV é resultado da comparação entre os valores estimados com os valores reais (AMADO et al., 2007). O CRCV variou entre 67,6 e 92,4, para P e Ca, respectivamente. O maior valor de CRCV para o Ca indica que a estimativa do seu

teor no solo, utilizando a técnica da krigagem, apresenta um menor erro.

O menor valor de CRCV para o P deve-se à sua baixa mobilidade, que pode causar acúmulo desse nutriente, bem como a adsorção desse nutriente aos óxidos de Fe e Al, contribuindo para distribuição irregular desse elemento no

solo (CAMARGO et al., 2013; SILVA JÚNIOR et al., 2012b), afetando assim a confiabilidade da aplicação da técnica de krigagem.

O alcance de dependência espacial (a) gera informações relevantes para o planejamento e avaliação da área experimental, além de subsidiar informações sobre o processo de pedogênese (SOUZA et al., 2007) e manejo do solo. Os valores de alcance variaram entre 11,76 e 29,56 metros, para K e P, respectivamente. O menor valor de alcance para o K evidencia a baixa continuidade espacial desse nutriente no solo.

Após o ajuste dos modelos dos semivariogramas, os valores de cada atributo químico foram interpolados por meio da krigagem gerando, desta forma, mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo (Figura 3). Os mapas isolinhas permitiram a visualização da variabilidade espacial para cada atributo do solo, observou-se que a região de maiores teores está representada com coloração mais escura. Verificou-se na Figura 3 (B) e (D), que as faixas de fertilidade, com maiores valores de Mg (1,78 –

2,99 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e P (13,8 – 36,20 mg dm^{-3}), estão localizadas na região sudoeste da lavoura.

Os teores dos macronutrientes do solo da amostra convencional foram classificados, de acordo com Prezotti et al. (2007), em teores elevados para Ca (> 4,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e Mg (> 1,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e médios para o P (10 – 20 mg dm^{-3}) e K (60 – 150 mg dm^{-3}) evidenciando, na lavoura de café consorciado com seringueira, o correto suprimento dos nutrientes estudados, principalmente Ca e Mg adicionados via calagem.

Os teores de macronutrientes do solo interpolados, foram classificadas de acordo com índice de fertilidade do solo, proposto por Prezotti et al. (2007). De modo geral, os demais macronutrientes estudados apresentaram distribuição heterogênea, destacando-se os nutrientes Ca, Mg e K (Figura 4 A, B e C), com uma predominância de níveis médios e altos ao longo da área experimental. No entanto, o P (Figura 4 D) apresentou os três níveis de fertilidade, com predominância de índices intermediários.

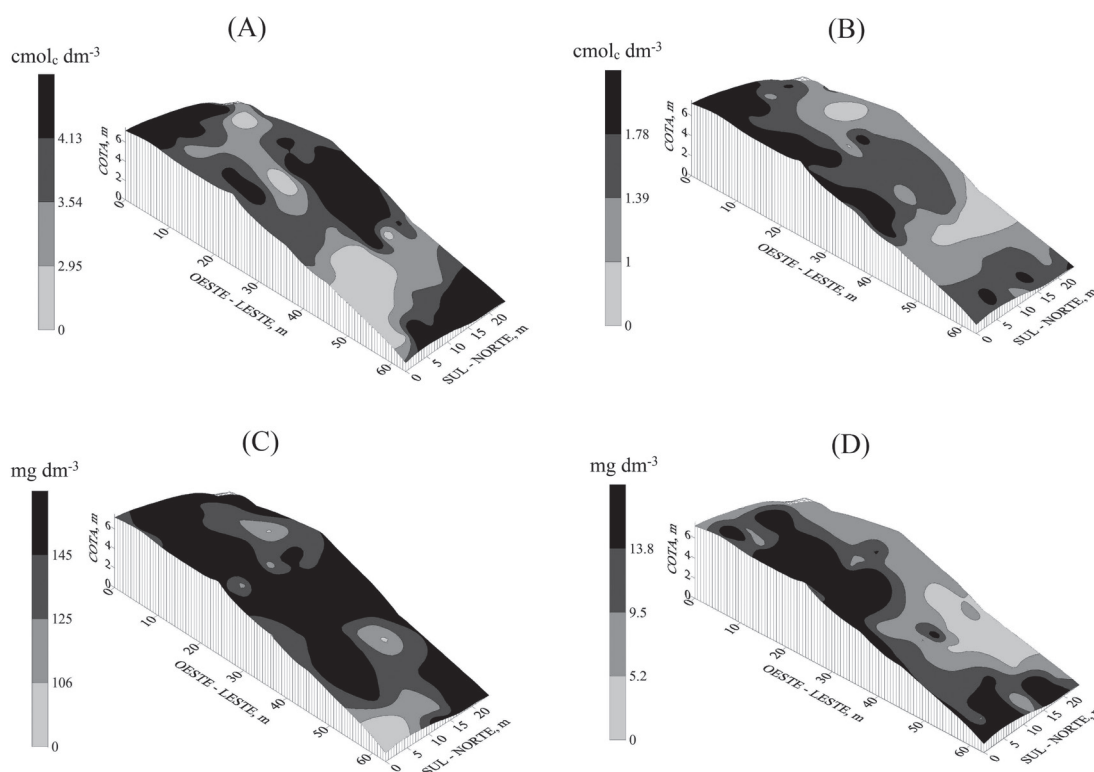


FIGURA 3 - Mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo: cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D).

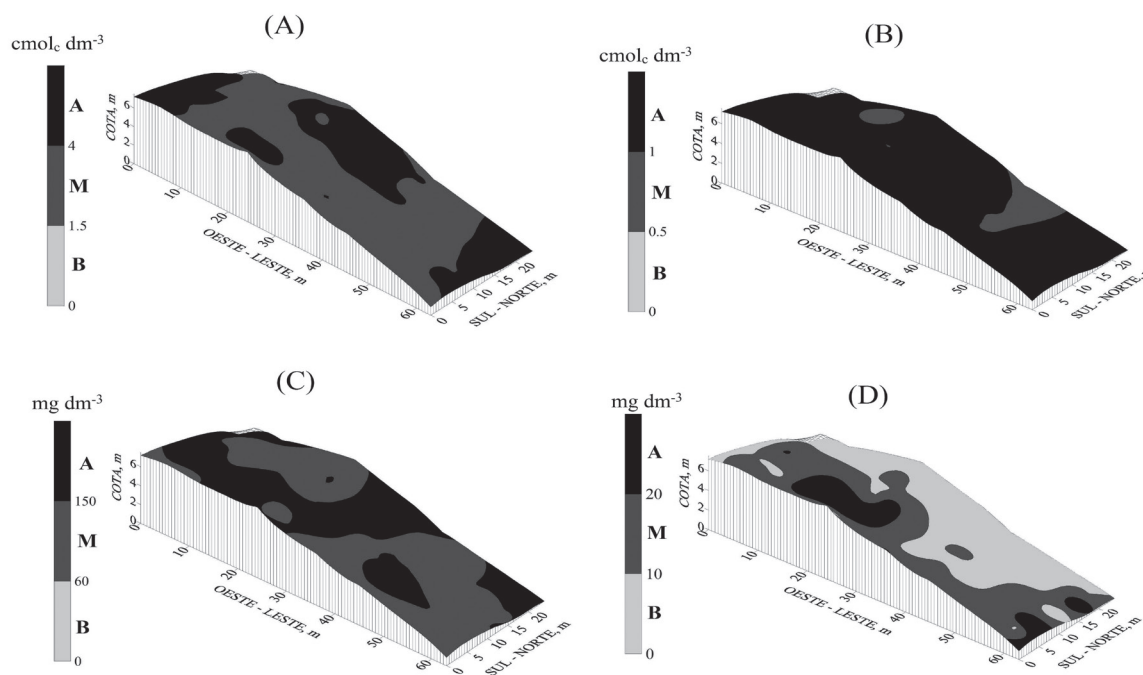


FIGURA 4 - Mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo: cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D), de acordo com a classificação de Prezotti et al. (2007). A – Valores altos, M – Valores médios e B – Valores baixos.

No dendrograma obtido com a aplicação da técnica de análise de agrupamento, separaram-se três grupos ou zonas de manejo (Figura 5 e 6), onde as zonas de manejo 1, 2 e 3 correspondem a uma área de 956,25m²; 195 m² e 360,75 m², respectivamente.

O baixo número de grupos foi escolhido devido à área experimental ser relativamente pequena (1.512 m²) e também por possibilitar o planejamento agrícola da lavoura pelos agricultores. Delalibera, Weirich Neto e Nagata (2012), estudando zonas de manejo agrícola em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, separaram a área de estudo (aproximadamente 9,6 ha), em cinco grupos.

Visando a classificação do teor de P disponível, determinaram-se os teores de cada fração granulométrica e a classificação textural para cada zona de manejo e na área total, conforme apresentado na Tabela 3.

Os teores médios dos atributos químicos dos três grupos (Tabela 4), também foram classificados de acordo com índice de fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007). Observou-se na zona de manejo 1 que os níveis de fertilidade

foram considerados elevados para o Mg, médios para o Ca e K e baixo para o P. Verificaram-se índices elevados para todos os macronutrientes na zona de manejo 2. Já para zona de manejo 3 foram encontrados níveis de fertilidade elevados para Ca, Mg e K e médio para o P.

A lavoura é constituída de sequência sucessiva de 4 linhas de café conilon, intercalado com 2 linhas de seringueira. Visando realizar o manejo de adubação a taxa diferenciada, considerou-se a cultura principal e uma estimativa de produtividade média de 100 sacas ha⁻¹. Desse modo, a recomendação de acordo com Prezotti et al. (2007) encontra-se na Tabela 5. Não houve necessidade da aplicação de Ca e Mg, pois os níveis para todas as zonas são considerados adequados e, normalmente, estes nutrientes são repostos ao solo, via calagem.

Observa-se que a recomendação de K₂O pelo método tradicional, atende adequadamente à exigência nutricional da lavoura, em todas as zonas de manejo. No entanto, com relação ao P₂O₅, a recomendação tradicional atenderia à exigência nutricional do café conilon adequadamente apenas na zona de manejo 3.

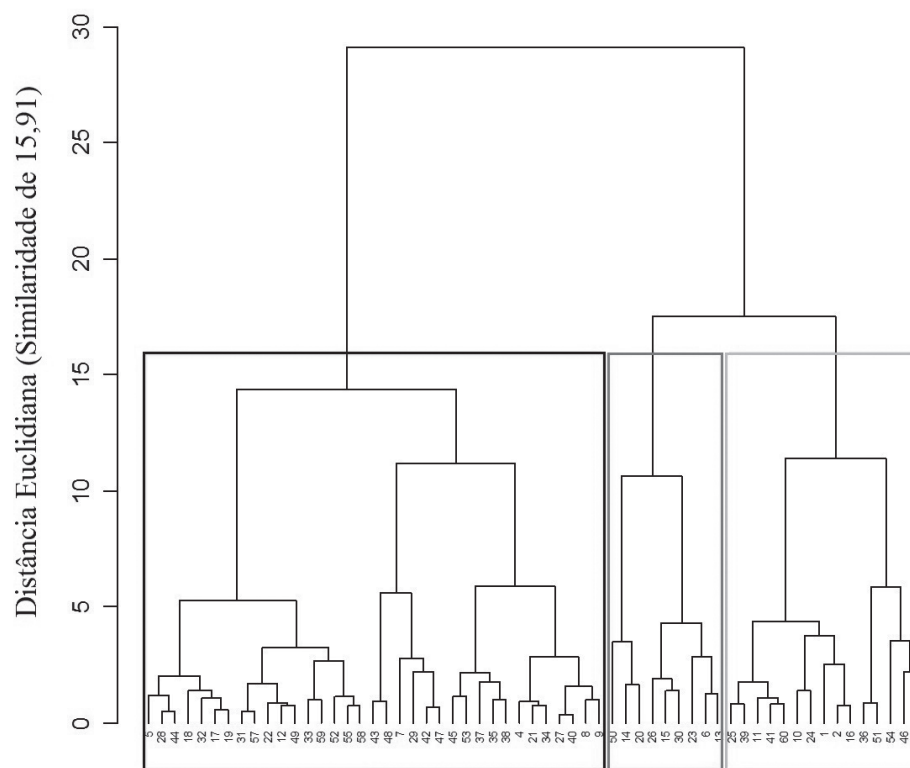


FIGURA 5 - Dendrograma ilustrativo resultante da análise de agrupamento dos macronutrientes do solo (similaridade de 15,91).

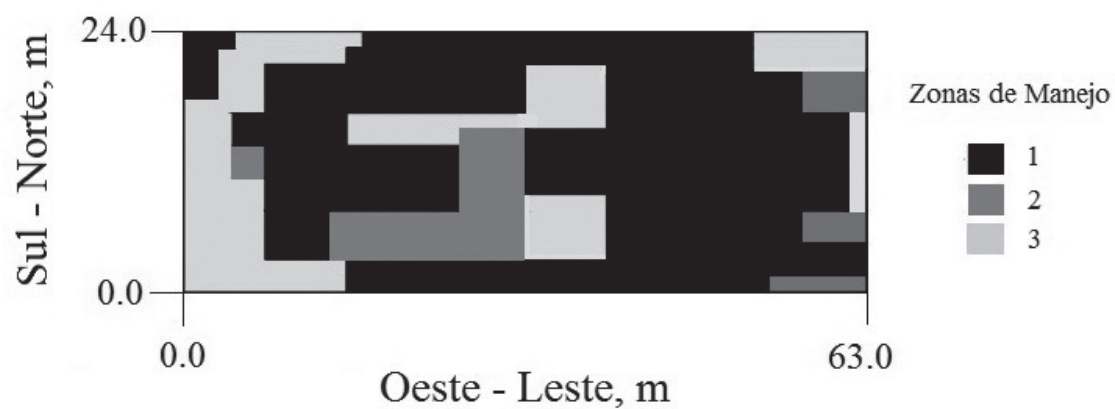


FIGURA 6 - Zonas de manejo agrícola para a lavoura de café consorciada com seringueira.

TABELA 3 - Caracterização granulométrica do solo nas diferentes zonas de manejo adotadas e na área total, obtida pela amostragem tradicional.

	Argila	Silte	Areia	Classificação textural*
	----- g kg ⁻¹ -----			
Zona de Manejo 1	284	158	558	Média
Zona de Manejo 2	390	109	501	Argilosa
Zona de Manejo 3	373	94	533	Argilosa
Área total	343	100	557	Média

* - De acordo com EMBRAPA (2006).

TABELA 4 - Valores médios dos teores dos macronutrientes do solo, para cada zona de manejo estabelecida.

	Zona de manejo 1				Zona de manejo 2				Zona de manejo 3			
	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg	K	P
Média	3,5	1,3	137,3	9,6	4,3	1,7	158,1	29,0	4,8	2,0	164,3	8,9
Class.	M	A	M	B	A	A	A	A	A	A	A	M

Valores de Ca e Mg estão em cmol_c dm⁻³ e K e P estão em mg dm⁻³; Class. – classificação dos teores de acordo com Prezotti et al. (2007); A – alto, M – médio, B - baixo

TABELA 5 - Recomendação de P₂O₅ e K₂O, em kg ha⁻¹ considerando as Zonas de Manejo e a Metodologia Tradicional, de acordo com Prezotti et al. (2007).

	Zonas de Manejo			Metodologia Tradicional
	1	2	3	
P ₂ O ₅	75	--	35	35
K ₂ O	270	270	270	270

Contudo, haveria na zona de manejo 2 uma aplicação além da necessidade da lavoura, implicando em elevação do custo de produção, e na zona de manejo 1 haverá subdosagem, podendo provocar deficiência desse nutriente, com conseqüente comprometimento da produtividade da lavoura. Utilizando-se essa metodologia de manejo da adubação, para a lavoura em questão, haverá uma maior precisão no uso dos fertilizantes, o que proporcionará uma menor relação custo/benefício.

A análise dos teores dos atributos químicos pelo método da distribuição espacial e zonas de manejo possibilita identificar zonas para o uso agrícola que apresentam déficit ou excesso de nutrientes na área, que não poderiam ser definidas com o método convencional de amostragem, caminhamento em zigue-zague.

4 CONCLUSÕES

A análise de agrupamento integrada com a caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo foi eficaz na definição de zonas de manejo para aplicação de insumos, em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira.

Esses resultados inferem que a junção das ferramentas matemáticas, utilizadas no trabalho, pode ser uma alternativa viável para balizar lavoura de café conilon consorciada com seringueira.

O conhecimento da distribuição espacial associada à definição de zonas de manejo pode ser usado para aumentar a eficiência de aplicação dos fertilizantes agrícolas.

5 REFERÊNCIAS

ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM. **ACTION 2.3: ESTATCAMP**. São Carlos, 2012.

AMADO, T. J. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, ago. 2007.

BOTTEGA, E. L. et al. Cokrigagem na estimativa dos teores de Ca e Mg em um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 821-828, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento exploratório dos solos da região sob influência de Cia. Vale do Rio Doce**. Rio de Janeiro, 1970. 148 p. (Boletim Técnico, 13).

CAMARGO, L. A. et al. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale. **Catena**, Amsterdam, v. 100, p. 100-106, 2013.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

COBO, J. G. et al. Integration of mid-infrared spectroscopy and geostatistics in the assessment of soil spatial variability at landscape level. **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, p. 398-411, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2014, segundo levantamento**. Brasília, 2014.

DELALIBERA, H. C.; WEIRICH NETO, P. H.; NAGATA, N. Management zones in agriculture according to the soil and landscape variables. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1197-1204, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

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

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

HOU-LONG, J. et al. Spatial variability of soil properties in a long-term tobacco plantation in central China. **Soil Science**, Baltimore, v. 175, n. 3, p. 137-144, 2010.

JIANG, P.; THELEN, K. D. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 252-258, 2004.

MARDIA, A. K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic, 1997. 518 p.

MARQUES JÚNIOR, J. et al. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 143-152, 2008.

PILAU, F. G. et al. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 161-168, 2007.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

ROSSMANN, H.; GAMEIRO, A. H. O futuro da heveicultura brasileira. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 9, n. 18, p. 14-19, 2006.

SANTOS, A. O. et al. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 463-468, 2003.

- SILVA, S. A. et al. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2010.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic rhodic hapludox under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 467-474, 2012.
- SILVA JUNIOR, J. F. et al. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 415-424, 2012a.
- SILVA JUNIOR, J. F. et al. Simulação geoestatística na caracterização espacial de óxidos de ferro em diferentes pedoformas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1690-1703, 2012.
- SIQUEIRA, D. S. et al. Correlation of properties of Brazilian Haplustalfs with magnetic susceptibility measurements. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 26, p. 425-431, 2010.
- SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. **Geoderma**, Amsterdam, v. 155, p. 55-66, 2010.
- SOUZA, G. S. et al. Aplicação de lógica fuzzy e geoestatística na análise da fertilidade de um solo sob pastagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 323-330, 2009.
- SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.
- SOUZA, Z. M. et al. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo na aplicação de insumos para cultura de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, mar./abr. 2007.
- VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, p. 1-15, 1983.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical methods in soil and land resource survey**. Oxford: Oxford University, 1990. 316 p.