

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CARBONO SOLÚVEL EM ÁGUA EM SOLO SOB CULTIVO DO CAFÉ ARÁBICA EM DIFERENTES MANEJOS

Alessandra Fagioli da Silva¹, Paula Mauri Bernardes¹, Rone Batista de Oliveira², Samuel de Assis Silva³, Gustavo Soares de Souza³ & Julião Soares de Souza Lima⁴

¹ Graduanda em Agronomia, CCA-UFES, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES, e-mail: alefagioli@hotmail.com.

² Doutorando em Agronomia, FCA-UNESP, Botucatu-SP, e-mail: ronebatista@hotmail.com

³ Mestrando em Produção Vegetal, CCA-UFES, Depto de Eng. Rural, Alegre-ES, e-mail: samuel-assis@hotmail.com

⁴ Prof. Orientador, Depto de Eng. Rural, CCA-UFES, Alegre-ES, e-mail: limajss@yahoo.com.br

Resumo - Este trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a variabilidade espacial do carbono solúvel em água em áreas cultivadas com café arábica sob manejo orgânico e convencional da lavoura, nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m. Para isso, foram construídas malhas irregulares para amostragem de solo, totalizando 40 pontos amostrais georreferenciados. As amostras de solo foram retiradas na projeção da copa do cafeeiro. Os dados foram avaliados por meio da estatística clássica e da geoestatística. O manejo orgânico proporcionou maiores teores, no solo, de carbono solúvel em água, indicando que o carbono é mais rapidamente decomposto, em relação ao manejo convencional. Os resultados encontrados mostraram que o carbono solúvel em água apresenta estrutura de dependência espacial nas duas profundidades, o que permitiu o mapeamento, através da krigagem.

Palavras-chave: Geoestatística, café orgânico, sistemas de cultivo.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias

Introdução

O café é uma importante fonte de renda para a economia brasileira, em razão de sua participação na receita cambial, transferência de renda aos outros setores da economia e contribuição à formação de capital no setor agrícola do país, além da expressiva capacidade de absorção de mão-de-obra (CAMPOS, 2005).

A produção de café orgânico vem crescendo em todo o Brasil, devido a grande demanda dos mercados nacional e internacional por produtos orgânicos e, também, da conscientização mundial da importância da preservação do meio ambiente associada à valorização social do trabalhador rural. O segmento de café orgânico vem apresentando um crescimento anual de 18% comparado com os 8% ou 9% para o restante do mercado de café especial (THEODORO, 2008.).

O carbono solúvel em água é um método de estimativa de formas solúveis de C presentes no solo, e possivelmente, de muito fácil degradação (MENDONÇA, 2005).

Atualmente, a pesquisa da ciência do solo tem-se apoiado intensamente na utilização da geoestatística, que complementa a estatística clássica em pesquisas agronômicas, decorrente das inúmeras respostas dadas às mais variadas questões existentes que, até então, eram ignoradas (CARVALHO et al., 2003). A

geoestatística pode indicar alternativas de manejo para informar e reduzir os efeitos da variabilidade do solo sobre a produção das culturas (TRANGMAR et al., 1985).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a variabilidade espacial do carbono solúvel em água (COS) em duas áreas cultivadas com café arábica sob manejo orgânico e convencional, em duas profundidades (0-0,10 m e 0,10-0,20 m).

Metodologia

Os dados foram coletados em duas áreas comerciais de café arábica (*Coffea arabica* cv. catuaí 44) sob dois tipos de manejo do solo: orgânico e convencional, no município de Irupi, região do entorno do Caparaó, sul do Estado do Espírito Santo. A região situa-se na Latitude de 20° 20' 43" S e Longitude 41° 38' 28" W do meridiano de Greenwich, com altitude de 765 m e temperatura média anual de 20 °C. O solo das lavouras cafeeiras é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999).

As lavouras de café têm aproximadamente onze anos de implantação.

A primeira lavoura iniciou-se no processo de transição de convencional para orgânico por um período de cinco anos e há quatro anos possui certificação nacional e há um ano e meio o selo

internacional, constituindo um sistema orgânico consolidado. O cafeeiro tem espaçamento de 2x1 m com plantio em curva de nível. As plantas espontâneas na área são controladas uma vez por ano com uso de roçadora costal e uma leve capina manual. Nas entre linhas plantam-se leguminosas como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*) e mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*). Quanto à adubação, é aplicado uma vez por ano 8 kg de composto orgânico por cova, produzido na própria propriedade. No período de chuvas é aplicado, mensalmente, na forma de pulverização foliar o humato de macota, produto de pH neutro, na proporção de 700 ml do produto por 20 litros de água, utilizando no total de 200 a 220 L ha⁻¹.

A segunda lavoura vem sendo conduzida por meio do sistema convencional de produção de café, ou seja, sistema comumente utilizado pelas propriedades cafeeiras da região. O cafeeiro tem espaçamento de 3,0x1,5 m. As plantas espontâneas, entre as linhas de plantio, são controladas com o uso de herbicida uma vez por ano e por meio de capinas manuais, mantendo-se baixa cobertura no solo. Quanto à adubação, utiliza-se o formulado 20-05-20 (NPK).

O manejo nutricional do café, nas duas áreas, como calagem e adubação do solo e a foliar, é realizado através de aplicações uniformes em toda área, por meio de dose única.

O esquema adotado para retiradas de amostras de solo no experimento foi através do sistema de amostragem aleatória, conforme Lamparelli et al. (2001). Em cada sistema de manejo foi construída uma grade com 40 pontos, alocados aleatoriamente, utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS), modelo GTR-1.

Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m na

projeção da copa do cafeeiro. O atributo químico analisado foi o carbono solúvel em água (COS), de acordo com a metodologia descrita por Passos (2000).

Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva dos dados para verificar a distribuição de frequência, a variância, a normalidade e pontos discrepantes (*outliers*). Para comparar as médias do COS nos diferentes manejos e profundidades aplicou-se o teste t-Student a 5% de probabilidade.

A análise geoestatística foi utilizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial utilizando o semivariograma clássico de Matheron, que é dado pela seguinte equação:

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

em que: γ^* é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$; h a distância entre pontos amostrais; e $N(h)$ o número total de pares (VIEIRA, 2000). A análise geoestatística foi realizada pelo software GS+ (ROBERTSON, 2000).

Para a profundidade que apresentou dependência espacial nos diferentes manejos, foram efetuadas interpolações através da técnica de krigagem ordinária para confecção dos mapas.

Resultados

Os resultados da análise descritiva para o carbono solúvel em água (COS) na lavoura de café arábica sob manejo orgânico e convencional estão apresentados da Tabela 1. Na Tabela 2 está apresentada a comparação pelo teste-t ($p < 0,05$).

Tabela 1- Análise descritiva do carbono solúvel em água nas áreas de café arábica sob manejo orgânico (MORG) e manejo convencional (MCON), nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m

Atributos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	s	CV (%)	Cs	Ck	w
COS ¹ (0-0,10 m)	115,96	112,84	67,21	166,82	23,46	20,23	0,34	-0,33	ns
COS ¹ (0,10-0,20 m)	115,76	115,84	55,14	189,32	40,57	35,05	0,03	-1,30	*
COS ² (0-0,10 m)	69,09	68,05	48,16	96,12	11,67	16,88	0,27	-0,40	ns
COS ² (0,10-0,20 m)	67,25	68,26	41,72	86,44	10,64	15,82	-0,27	-0,47	ns

¹Manejo orgânico; ²Manejo convencional; COS: carbono solúvel em água (mg kg⁻¹); s: desvio-padrão; CV: Coeficiente de Variação; Cs: Coeficiente de Assimetria; Ck: Coeficiente de Curtose; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Shapiro-Wilks (distribuição normal) e * distribuição não normal.

Tabela 2 - Comparação entre médias do atributo COS do solo, pelo teste t a 5% de probabilidade nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, nas áreas de café com manejo orgânico e convencional

Profundidade	Manejo Orgânico	Manejo Convencional
0-0,10 m	115,96 a A	69,09 b A
0,10-0,20 m	115,76 a A	67,25 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, e maiúscula, na coluna, não diferem significativamente pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados para o atributo do solo

Atributos	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	RCV
COS ¹ (0-0,10 m)	Esférico	8,07	0,002	0,95	99	72	*
COS ¹ (0,10-0,20 m)	Exponencial	23,43	0,52	1,05	50	73	*
COS ² (0-0,10 m)	Esférico	11,57	0,0006	1,00	99	78	*
COS ² (0,10-0,20 m)	Exponencial	11,13	0,30	1,04	71	84	*

¹Manejo orgânico; ²Manejo convencional; COS: carbono solúvel em água (mg kg⁻¹); a: alcance da dependência espacial; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial e R²: coeficiente de determinação múltipla do ajuste; RVC: coeficiente de correlação da validação cruzada e * significativo a 5% de probabilidade.

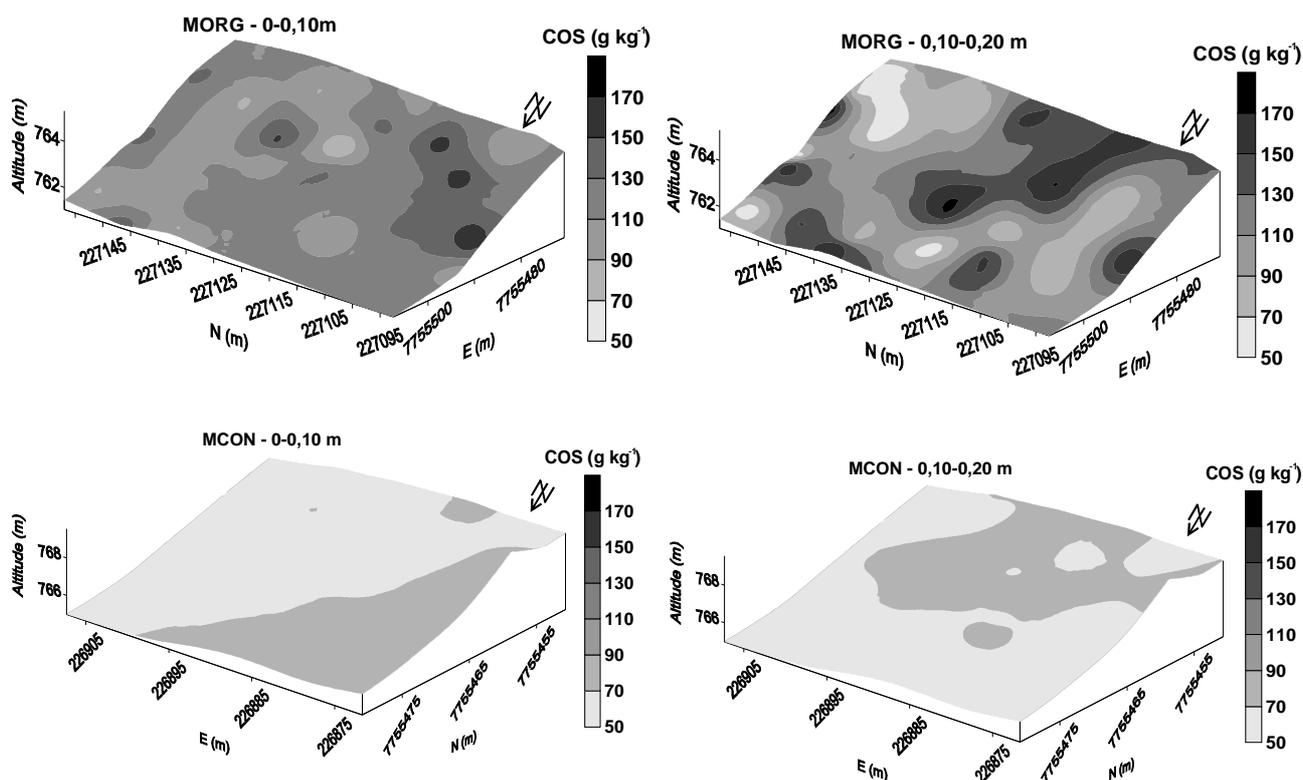


Figura 2 - Mapas temáticos da distribuição espacial do COS no manejo orgânico (MORG) e convencional (MCON) do solo cultivado com café, nas duas profundidades (0-0,10 m e 0,10-0,20 m).

Discussão

Após a análise exploratória retirou-se os pontos discrepantes (*outliers*) presente em cada atributo estudado, devido a influência nas medidas de posição e dispersão dos dados. Na área de café cultivado no manejo orgânico (MORG), o atributo COS apresentou assimetria positiva (Cs) nas duas profundidades e na profundidade de 0-0,10 m no manejo convencional (MCON), com a média maior que a mediana dos dados. O COS na profundidade de 0,10-0,20 m no MORG apresentou distribuição não normal dos dados pelo teste Shapiro-Wilk's ($p \leq 0,05$), confirmado pelo Cs próximo de zero. Na profundidade de 0,10-0,20 m, no MORG, o COS apresentou maior amplitude dos dados, e conseqüentemente maior coeficiente de variação.

Os coeficientes de variação (CV) apresentam-se médio ($12\% < CV < 60\%$), segundo critérios propostos por Warrick & Nielsen (1980) para atributos de solo.

O carbono solúvel em água (COS) constitui-se na forma mais lábil e ativa da matéria orgânica. Os teores de COS no solo dependem principalmente da atividade microbiana e do aporte orgânico. Com a finalidade de comparar e verificar diferenças significativas no nível de COS nas duas áreas em dois manejos de solo e em diferentes profundidades aplicou-se o teste t de Student (Tabela 2). Ressalta-se que para este teste existe a pressuposição de distribuição normal dos atributos. Na prática, quando n aumenta, indo além de 30 observações, a necessidade de admitir a normalidade diminui (STEVENSON, 2001).

O COS não apresentou diferença significativa entre as profundidades e sim entre os manejos para uma mesma profundidade.

O teor de COS nas duas profundidades é maior no MORG, em relação ao MCON, devido ao maior aporte de matéria orgânica na área. Segundo Leite et al. (2003) o teor de C é determinado pelo balanço das entradas, com o aporte de resíduos vegetais e a aplicação de compostos orgânicos e, as saídas por meio da decomposição da matéria orgânica do solo. Os maiores teores de COS no MORG se deve à adição de composto orgânico. Passos (2000) encontrou valores de COS, em solo sob Cerradão e milho, próximo dos encontrados nesse trabalho.

Os dados da análise da variabilidade espacial do COS nos dois manejos estão na Tabela 3. Em ambos os manejos e profundidades o COS apresentou dependência espacial entre as amostras de solo. O maior alcance ocorreu no MORG na profundidade de 0,10-0,20 m, e o menor alcance foi no MORG na profundidade de 0-0,10 m. Na profundidade de 0-0,10 m, em ambos os manejos, foi ajustado o mesmo modelo esférico aos dados e alcances próximos, pode-se considerar que o estoque de COS nos dois manejos, nesta profundidade, tem o mesmo padrão de distribuição espacial.

O índice de dependência espacial (IDE), do COS na profundidade de 0-0,10 m, em ambos os manejos, apresenta forte dependência espacial ($IDE \geq 75\%$), enquanto na profundidade 0,10-0,20 m moderada dependência espacial ($25\% \leq IDE \leq 75\%$), em ambos os manejos.

Depois de determinada a dependência espacial construíram-se os mapas de isolinhas para o COS estimando valores em locais não amostrados, pelo método da krigagem ordinária (Figuras 2).

No MORG, os teores de COS se encontram dispersos na área, em ambas as profundidades, mostrando uma variabilidade horizontal, isso devido o solo ter maior quantidade de matéria orgânica (Figura 2), em relação ao MCON.

Conclusão

O MORG proporcionou maiores teores de COS, indicando que o carbono é mais rapidamente decomposto, em relação ao MCON. O COS em ambos sistemas de manejos (orgânico e convencional) e profundidades (0-0,10 e 0,10-0,20 m) apresenta dependência espacial e, portanto, esta deve ser considerada em futuras amostragens.

Referências

- CAMPOS, D. S. Análise da variabilidade espacial da produtividade na cafeicultura de montanha com

uso de técnicas de sensoriamento. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado). UFV. Viçosa, 2005.

- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Spatial variability of soil characteristics under grapevine in Vitoria Brasil (State of Sao Paulo - Brazil). R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, vol. 27, n. 4, p. 695-703, 2003.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.

- LAMPARELLI, R.A.C; ROCHA, V. J; BORGHI, E. Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: fundamentos e aplicações. Guaíba: editora agropecuária Ltda, 2001. 118p.

- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques Totais de Carbono Orgânico e seus Compartimentos em Argissolo sob Floresta e sob Milho Cultivado com Adubação Mineral e Orgânica. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, vol. 27, p. 821-832, 2003.

- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. da S. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. Ponte Nova: D&M Gráfica e Editora Ltda, 2005. 107 p.

-PASSOS, R. R. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo vermelho sob duas coberturas vegetais. 2000. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2000.

-ROBERTSON, G. P. GS⁺: Geostatistics for the environmental sciences – GS⁺ User's Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 2000. 152p.

- STEVENSON, W. Estatística Aplicada à Administração. São Paulo: HARBRA. 2001. 495 p.

- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K. UEHARA, G. Applications of geoestistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy, San Diego, v. 38, n. 1, p. 45-94, 1985.

- THEODORO, V. C. de A. Como produzir um café orgânico? Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br>>. Acesso em: 02 mar. 2008.

- 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.