



## Variabilidade Espacial de Carbono Orgânico em um Latossolo sob pastagem degradada

**Patrícia Carvalho da Silva<sup>(1)</sup>; Manoel Ribeiro Holanda Neto<sup>(2)</sup>; Samuel Henrique Brito Costa<sup>(3)</sup>; Wesley dos Santos Souza<sup>(4)</sup>; Fernando Silva Araújo<sup>(5)</sup>; Ericka Paloma Viana Maia<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup>Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual do Piauí, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti, Bairro Aeroporto, Corrente-PI, CEP 64980-000. E-mail: [patriciacarvalhoagro@gmail.com](mailto:patriciacarvalhoagro@gmail.com). <sup>(2)</sup>Professor Assistente - DE da UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti Barros. E-mail: [mrholandaneto@hotmail.com](mailto:mrholandaneto@hotmail.com). <sup>(3)</sup>Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti Barros. Email: [Samuel\\_hbc@hotmail.com](mailto:Samuel_hbc@hotmail.com). <sup>(4)</sup>Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti Barros. E-mail: [agrowesley95@gmail.com](mailto:agrowesley95@gmail.com). <sup>(5)</sup>Professor Adjunto - DE da UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti Barros. E-mail: [agronando18@hotmail.com](mailto:agronando18@hotmail.com). <sup>(6)</sup>Graduando do curso de Engenharia Agrônômica da UESPI, Campus Deputado Jesualdo Cavalcanti. E-mail: [erickapaloma.agronomia@hotmail.com](mailto:erickapaloma.agronomia@hotmail.com).

**RESUMO:** Com exceção das reservas fósseis o solo e o maior reservatório de carbono orgânico do planeta. Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial do Carbono Orgânico Total em uma área sob pastagem degradada. O experimento foi conduzido na área experimental do campus Dep. Jesualdo Cavalcanti Barros, município de Corrente, PI (10° 26' de latitude sul e 45° 09' de longitude oeste, 438 m de altitude). A amostragem do solo foi realizada nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos regulares de 10 m em uma área de 0,54 ha, perfazendo o total de 78 pontos amostrais. Após a identificação dos pontos procedeu-se a coleta das amostras nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20m. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas. A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov ao conjunto de dados mostra que o COT apresentou distribuição normal na camada de 0,0 a 0,10 m e distribuição não normal na camada 0,10 a 0,20 m. A variabilidade apresentou valores médios, em ambas às profundidades. O maior alcance foi observado no COT na profundidade de 0,0 a 0,10 m (52.70m), decrescendo de acordo a profundidade. O atributo apresentou grau dependência Moderada na camada de 0 a 0,10m, GDE (%) < 75%, e Forte na camada de 0,10 a 0,20m GDE (%) < 25%. O atributo em estudo apresentou estrutura de dependência espacial, nas duas profundidades.

**Termos de indexação:** geoestatística, manejo de solo, atributos microbiológicos.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte da vegetação nativa do Bioma Cerrado foi convertida em áreas de produção agrícola e pastagem, resultando em uma

perda rápida de carbono orgânico devido ao uso e manejo inadequado do solo. Alguns atributos podem ser utilizados para a avaliação dos sistemas de manejo e uso do solo. Um desses atributos é o carbono orgânico total (COT) que está diretamente ligado aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Carneiro et al, 2013) e possui alta capacidade de reter o COT a uma taxa de cerca de 1 Pg C ano<sup>-1</sup> (Jagadamma & Lal, 2010), o que é benéfico não somente do ponto de vista de mitigação dos gases de efeito estufa, mas também por promover melhoria na produtividade e sustentabilidade agrícola (Lal, 2004).

O carbono orgânico total é indicador do teor de matéria orgânica e de sua labilidade. Por ter papel essencial na sustentabilidade do sistema solo, o (COT) e seu estoque vem sendo utilizados como indicadores de sua qualidade, por demonstrar sensibilidade às perturbações causadas pelo manejo do solo. O teor de carbono no solo é influenciado por fatores inerentes aos sistemas de produção como o clima e as propriedades físicas e químicas do solo, além de fatores associados ao manejo (Braz et al., 2004).

Avanços tecnológicos na agropecuária demonstram a necessidade de mensurar a variação espacial dos atributos do solo, com o objetivo de melhorar o aproveitamento de recursos naturais e financeiros, uma vez que essa variabilidade espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo influencia a eficiência do manejo das culturas e seu desenvolvimento (Montari et al., 2012). Com o auxílio da geoestatística, a estrutura de dependência espacial dos atributos do solo vem sendo estudada e modelada, permitindo a sua visualização espacial (Gomes et al., 2007).

Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial do Carbono Orgânico Total em uma área sob pastagem degradada.



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do campus Dep. Jesualdo Cavalcanti Barros, município de Corrente, PI (10° 26' de latitude sul e 45° 09' de longitude oeste, 438 m de altitude). A área de estudo possui topografia suave ondulada, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo típico (Embrapa, 2010), textura média.

### Tratamentos e amostragens

A amostragem do solo foi realizada nos pontos de cruzamento de uma malha, com intervalos regulares de 0, 10 m em uma área de 0,54 ha, perfazendo o total de 78 pontos amostrais. Em cada ponto desta malha foi levantada a sua cota, com o auxílio de um teodolito e georreferenciado com GPS. Após a identificação dos pontos procedeu-se a coleta das amostras nas camadas de 0, 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. A Matéria orgânica (MO) foi obtida pelo método Walkley-Black Modificado (Embrapa, 1999). O teor de MO foi convertido em Carbono Orgânico (CO), considerando que a matéria orgânica do solo possui 58% de CO (Fageria et al., 1999).

### Análise estatística

O atributo COT foi avaliado por meio da análise estatística descritiva, sendo calculados a média, mediana, variância, valores máximos e mínimos, os coeficientes de variação, de assimetria e de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do programa computacional SAS. A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

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

Em que N (h) é o número de pares experimentais de observações Z(xi) e Z (xi + h) são separados por uma distância h. O semivariograma é representado pelo gráfico, *versus* h. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C0; patamar, C0+C1; e o alcance, (a). Os semivariogramas foram ajustados por meio do programa GS+ (versão 7.0). Posteriormente, os modelos foram usados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Para elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa Surfer 8.0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva e comparação de médias para os teores de COT, são apresentados na (Tabela 1). A aplicação do teste de Kolmogorov- Smirnov ao conjunto de dados mostra que o COT apresentou distribuição normal na camada de 0,0 a 0,10 m e distribuição não normal na camada 0,10 a 0,20 m (Tabela 1). No entanto, o estudo geoestatístico de um conjunto dados não exige que esses tenham distribuição normal (Corá & Beraldo, 2006), uma vez que os semivariogramas apresentam patamares bem definido e a distribuição não apresentou caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem ordinária, as quais são baseadas nos valores médios (Isaaks & Srivastava, 1989).

**Tabela 1.** Estatística descritiva e modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais de Carbono Orgânico Total do solo em área de pastagem degradados nas camadas 0,0 a 0,10m e 0,10 a 0,20 m.

0,0 a 0,10 m			
Parâmetro	COT (%)	Parâmetro	COT (%)
Média	1.25	Modelo	Esférico
Mediana	0.05	C <sub>0</sub>	0.0633
Mínimo	0.39	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	0.1956
Máximo	2.62	a (m)	52.70
S	0.47	GDE (%)	32.36
CV (%)	37.6	R <sup>2</sup> (%)	94.0
Cs	0.76	SQR	6.665E <sup>-04</sup>
Ck	0.58	N	78
p	0.1381 <sup>ns</sup>	outlier	3
0,10 a 0,20 m			
Parâmetro	COT (%)	Parâmetro	COT (%)
Média	0.86	Modelo	Esférico
Mediana	0.75	C <sub>0</sub>	0,0359
Mínimo	0.16	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	0.1768
Máximo	2.27	a (m)	35.70
S	0.44	GDE (%)	20.30
CV (%)	51.16	R <sup>2</sup> (%)	92.2
Cs	1.12	SQR	6.179E <sup>-04</sup>
Ck	0.96	N	78
p	0.1381*	outlier	5

COT= carbono orgânico total; C0= efeito pepita; C0+C1= patamar; a= alcance; GDE= grau de dependência espacial; R2= coeficiente de determinação do modelo; SQR= soma de quadrados do resíduo; n= tamanho da amostra; S= desvio padrão; CV= coeficiente de variação; Cs= assimetria; Ck= curtose; p= estatística do teste Kolmogorov-Smirnov; \*Significativo

Observa-se que os valores de média e mediana das duas camadas estão próximos indicando que os dados seguem distribuições assimétricas.

A variabilidade dos dados, medido pelo coeficiente de variação (CV), foi baseado nos valores propostos por Warrick & Nielsen (1980), apresentaram valores médios (12% < CV < 60%) em



ambas às profundidades. Mesmo que os valores de CV sejam baixos e/ou moderados, este não é um bom indicador da variabilidade espacial dos atributos do solo, pois podem ocorrer no campo valores extremamente altos ou baixos.

O maior alcance foi observado no COT na camada de 0,0 a 0,10 m (52.70m), decrescendo de acordo a profundidade. O alcance de um atributo garante que todos os pontos dentro de um círculo com este raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (Machado et al. 2007). Worsham et al. (2010) observaram alcance do conteúdo de C do solo variando de 31,5 a 98,8 m em áreas de pastagens. Já Kravchenko et al. (2006) encontraram alcances que iam de 15 a 64 m.

O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas foi o esférico com valores de  $R^2$  (%) altos para ambas as camadas.

Levando em consideração a classificação de Cambardella et al. (1994), a relação efeito pepita e patamar para a variável em estudo apresentou dependência Moderada na camada de 0 a 0, 10m, GDE (%) < 75%, e Forte na camada de 0, 10 a 0,20m GDE (%) < 25%.

A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada pelos seus fatores intrínsecos (material de origem, relevo, clima, organismos e tempo) e pelos fatores extrínsecos, normalmente empreendidos pelas práticas de manejo do solo (Carvalho et al., 2003). De acordo com Feng et al. (2004) a geoestatística permite caracterizar e quantificar a variabilidade espacial, desenvolver uma interpolação racional e estimar a variância dos valores interpolados. Assim, a partir dos modelos obtidos, nos semivariogramas ajustados para cada pastagem estudada, estimaram-se os valores do COT para os locais não amostrados por intermédio da interpolação de krigagem. Finalmente, com os valores estimados foi possível construir mapas de isolinhas **Figura 1 a e b**.

## CONCLUSÃO

O atributo em estudo apresentou estrutura de dependência espacial, nas duas profundidades.

## REFERÊNCIAS

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R., et al. Degradação de pastagens, matéria orgânica do solo e a recuperação do potencial produtivo em sistemas de baixo "input" tecnológico na região dos cerrados. Seropédica, 2004. p 8. (Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica, 9).

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M., et al. Field-scale variability of soil properties in Central

Iowa soils. Soil Science Society of American Journal, 58:1501-1511, 1994.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. S.; PAULINO, H. B. et al. Atributos indicadores de qualidade em solos de Cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. Bioscience Journal, 29: 1857-1868, 2013.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Spatial variability of soil characteristics under grapevine in Vitoria. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, 27:695-703, 2003.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 26:374-387, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises de solo, planta e fertilizante. Brasília: Embrapa produção de informação, 1999. 412p.

FENG, Q.; LIU, Y.; MIKAME, M. Geostatística lanalysis is of soil moisture variability in grassland. Journal of Arid Environments, 58: 357-372, 2004.

GOMES, N.M.; FARIA, M.A.; SILVA, A.M., et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, 11:427-435, 2007.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. Anintro duction to applied geoestatística. New York: Oxford University, 1989. 561p.

JAGADAMMA, S.; LAL, R. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected byagricultural management. Biology and Fertility of Soils, 46:543-554, 2010.

KRAVCHENKO, A.N.; ROBERTSON, G.P.; HAO, X., et al. Management practice effects on surface total carbon: Differences in spatial variability patterns. Agronomy Journal, 98: 1559-1568, 2006

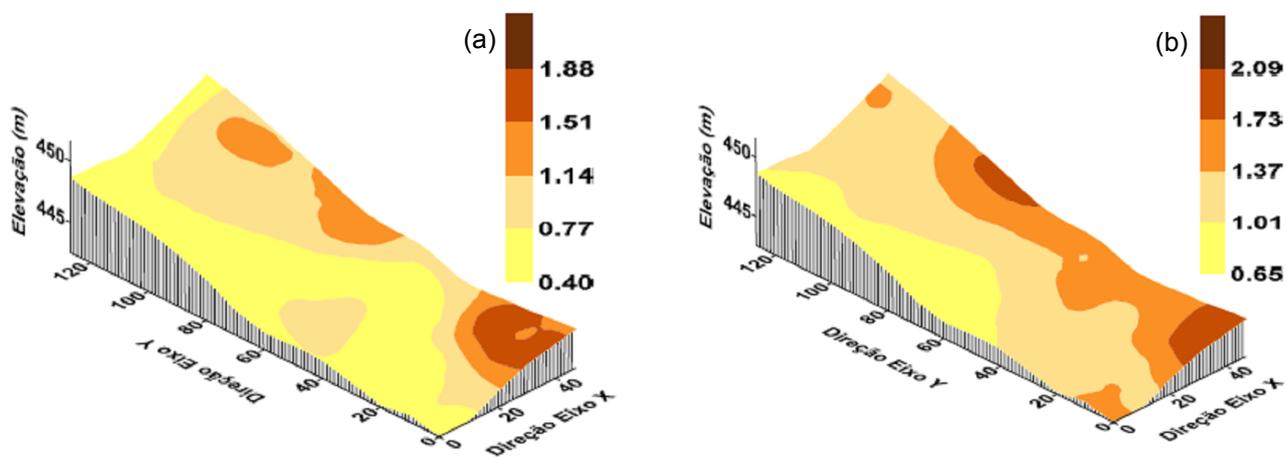
LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, Washington, 304: 1623-1627, 2004.

MACHADO, L.O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q, et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em areas sob sistema plantio convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31: 591-599, 2007.

MONTANARI, R.; SOUZA, G.S.A.; PEREIRA, G. T. et al. The use of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. Precision Agriculture, 13:01-11, 2012.

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, p. 319-344, 1980.

WORSHAM, L.; MARKEWITZ, D.; NIBBELINK, N. Incorporating spatial dependence into estimates of soil carbon contents under different land covers. Soil Science Society of America, 74: 635-646, 2010.



**Figura 1**– Distribuição espacial de COT em área de pastagem degradada nas profundidades de 0,0 a 0,10m (a) e 0,10 a 0,20m (b).