

Variabilidade espacial dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob sistema plantio direto ⁽¹⁾

Luiz Alberto Kuyumjian ⁽²⁾; **Jefferson Santana da Silva Carneiro** ⁽³⁾; **João Vidal de Negreiros Neto** ⁽⁴⁾; **Analu Guarnieri** ⁽²⁾; **Antonio Clementino dos Santos** ⁽⁵⁾; **Rubens Ribeiro da Silva** ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

⁽²⁾ Mestrando(a) em produção vegetal; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); E-mail: lak_159@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); ⁽⁴⁾ Doutorando em produção vegetal; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Tocantins-(TO); ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal do Tocantins- Campus Araguaína; Araguaína, Tocantins-(TO); ⁽⁶⁾ Professor; Universidade Federal do Tocantins- Campus Gurupi; Gurupi, Tocantins-(TO); E-mail: rrs2002@mail.uft.edu.br;

RESUMO: a variabilidade do solo é resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação, práticas de manejo do solo e pelas culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em área cultivada com sistema plantio direto, por meio da geoestatística. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A área avaliada foi de 1755 m² sendo coletadas 100 amostras indeformadas com uso de anel volumétrico a fim de avaliar os atributos químicos do solo. A análise dos atributos químicos do solo foi realizada a partir do solo coletado no anel volumétrico. Os valores obtidos na avaliação da variabilidade dos atributos químicos do solo foram submetidos à análise exploratória dos dados, com o auxílio do programa computacional de estatística Assistat 7.6. Utilizou-se o teste de Shapiro & Wilk a 5% de significância para testar a hipótese de normalidade, ou da anormalidade. A análise estatística e geoestatística, bem como a interpolação por krigagem ordinária e a elaboração dos mapas foram realizados utilizando-se o *software* GS+, versão 5.1.1. A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, utilizando-se o programa GS+v. 5.1.1. Excetuando-se a saturação por bases, todos os atributos químicos apresentam dependência espacial, indicando a importância das distâncias entre as amostras para efeito de fertilidade do solo.

Termos de indexação: química do solo; dependência espacial; fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

A utilização do solo no sistema convencional de cultivo altera seus atributos químicos originais, pelo manejo de corretivos e fertilizantes (Araújo et al., 2011). Nos últimos anos os métodos de preparo do solo, como o reduzido e o plantio direto, vêm sendo adotados em substituição aos convencionais. No

sistema plantio direto, a variabilidade espacial dos atributos do solo é aumentada pela ação residual das linhas de adubação, que se mantêm na sequência dos cultivos, juntamente com a redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos presentes no solo (Couto, 1997). A variabilidade espacial dos índices de fertilidade do solo aumenta com a adoção do sistema plantio direto, quer no sentido horizontal, pela distribuição irregular dos resíduos na superfície do solo (Couto, 1997), quer ainda no sentido vertical, pelas diferenças nos teores de uma camada mais superficial em relação à outra mais abaixo, demandando a definição de novos procedimentos de amostragem para contemplar essas alterações (Junior et al., 2007).

De acordo com Junior et al. (2007) a variabilidade do solo é resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação, como o clima, topografia, material de origem, vegetação, processos geológicos e pedológicos complexos e práticas de manejo do solo e pelas culturas. O entendimento da natureza da variabilidade é indispensável para avaliar o efeito dos atributos químicos do solo sobre a produtividade das culturas agrícolas, principalmente em regiões tropicais, onde a dinâmica dos processos e a heterogeneidade são maiores do que em outros ambientes (Richter & Babbar, 1991). Em ecossistemas nativos, o solo encontra-se em equilíbrio dinâmico, onde as entradas e saídas se compensam (Dias-Filho, 2006).

Os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de ferramentas para entender a uma aparente aleatoriedade dos dados, mas com possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial. O desenvolvimento de modelos que estimam o número adequado de amostras de solo em área, com o auxílio da geoestatística ajudam a compreender a variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos do solo (Lima et al., 2010). Além disso, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade do solo pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo (Schaffrath et al., 2008).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob sistema plantio direto, por meio da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizada a 280 m de altitude, 11°43'45" de latitude Sul e 49°04'07" de longitude Oeste. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima regional é do tipo b1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica. Conforme preceitos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), o solo local é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Tratamentos e amostragens

Foi delimitada a área experimental de 130 x 13,5 m (1755 m²). A grade amostral utilizada foi composta por 100 pontos espaçados regularmente a cada 5,0 m no sentido longitudinal com borda de mesmo tamanho e 3,2 m na transversal e borda de 1,95 m, com quatro linhas de 25 pontos cada. Utilizou-se amostragem sistemática, que consistiu em estabelecer um plano de amostragem seguindo um critério linear.

As amostras de solo foram coletadas com o anel volumétrico de volume conhecido (50 cm³), afim de avaliar os atributos químicos do solo. A análise dos atributos químicos do solo foi realizada a partir do solo coletado no anel volumétrico (Embrapa, 1997).

Análise estatística

Os valores obtidos na avaliação da variabilidade dos atributos químicos do solo foram submetidos à análise exploratória dos dados, calculando-se a média, mediana, curtose e o CV, bem com o tipo de distribuição dos valores dos atributos do solo, com o auxílio do programa computacional de estatística Assistat 7.6. Utilizou-se o teste de Shapiro & Wilk (1965) a 5% de significância para testar a hipótese de normalidade, ou da anormalidade. A análise estatística e geoestatística, bem como a interpolação por krigagem ordinária e a elaboração dos mapas foram realizados utilizando-se o *software* GS+, versão 5.1.1. A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, utilizando-se o programa GS+v. 5.1.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **tabela 1** apresenta os resultados da análise descritiva dos atributos químicos. Os valores de

mediana dos atributos químicos do solo para a área em sistema plantio direto foram classificados, conforme classes de interpretação de fertilidade do solo (Ribeiro et al., 1999), como baixo para H+Al (2,29 cmol_c dm⁻³), K trocável (0,15 cmol_c dm⁻³), CTC_{pH7} (5,79 cmol_c dm⁻³), soma de bases (3,50 cmol_c dm⁻³) e alto para Ca+Mg (3,35 cmol_c dm⁻³). A acidez foi classificada como média (5,89).

A adoção do teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) aos dados indicou distribuição normal apenas para a variável CTC_{pH7}. Estudando a espacialidade de dados de fertilidade do solo no Norte do Tocantins, Silva-Neto et al. (2011), evidenciaram que somente a CTC_{pH7}, CTC efetiva do solo apresentaram distribuição normal. A ausência de normalidade nos atributos químicos do solo deve-se, provavelmente, ao histórico de adubação desuniforme da área em estudo.

Os coeficientes de curtose utilizados para avaliar se os dados seguem distribuição normal, devem ser nulos, podendo ser aceitos valores entre +2 e -2 (Ortiz, 2003). Observa-se que os valores de coeficientes de curtose (**Tabela 1**) para Ca+Mg, K+, soma de bases, não se enquadraram nos limites indicados por Ortiz (2003). Os demais atributos atenderam a esse critério de normalidade.

A variabilidade dos dados pode ser medida pela variância e pelo coeficiente de variação, considerados os primeiros indicativos de heterogeneidade dos dados (Berner et al., 2007).

Observa-se que os valores da média e mediana de todas as variáveis estão próximas, no entanto não são consideradas distribuições simétricas. Campos et al. (2010) consideraram as variáveis pH, saturação por base simétricas em suas distribuições.

Os modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores dos atributos químicos do solo da área experimental estão apresentados na **tabela 2**. Os dados dos atributos químicos do solo foram ajustados ao modelo exponencial, exceto a CTC_{pH7} (esférico). A saturação por bases apresentou efeito pepita puro, indicando que a distância de amostragem não foi suficiente para exibir toda a variância dos dados.

Esses ajustes são concordantes, em parte, com os apresentados por Cruz et al. (2010), que encontraram a maioria dos atributos do solo ajustados aos modelos exponencial e gaussiano.

O alcance é um indicador do limite da dependência que a variável apresenta no espaço. No presente estudo os valores do alcance dos atributos químicos dos solos (exceto saturação por base, que apresentou efeito pepita) apresentaram semelhanças nos limites da área estudada. Isso pode ser explicado pelos valores inferiores à distância máxima de amostragem (130,0

m), sendo observado o alcance máximo de 30,60 m da variável da CTC_{pH7} .

Apenas $Ca+Mg$ e CTC_{pH7} , apresentaram alto ADE. Os valores de ADE revelam que as propriedades intrínsecas do solo como, material de origem, clima, relevo e organismos diminuíram de importância, indicando maior relevância às propriedades extrínsecas dos efeitos dos manejos adotados ao longo do tempo de uso da terra (Cambardella et al., 1994).

Os mapas temáticos de isolinhas obtidos por meio da interpolação de dados dos atributos químicos do solo, por krigagem, são apresentados nas **figuras 1**. Na Figura 1, os mapas de isolinhas permitiram a visualização de zonas com os maiores e menores valores para os atributos $Ca+Mg$, K, CTC_{pH7} e SB, que fica no canto esquerdo superior, coincidindo com área próxima à leira formada durante a construção de um terraço de contenção de erosão. Apesar das bases do solo, nessa zona, apresentarem valores mais elevados, o pH apresentou os menores valores e $H+Al$ maiores valores. Essa tendência contraria os resultados apresentados por Lima et al. (2010), em estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos, nas quais a região de valores elevados de bases do solo coincidiu com o aumento do pH. Os mapas de $Ca+Mg$ e K trocável apresentaram áreas de valores similares aos de CTC_{pH7} e soma de bases.

CONCLUSÕES

Excetuando-se a saturação por bases, todos os atributos químicos apresentam dependência espacial, indicando a importância das distâncias entre as amostras para efeito de fertilidade e física do solo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.S.; SILVA, J.E.C.; SANTOS, A.C.; SILVA-NETO, S.P.; DIM, V.P.; ALEXANDRINO, E. Substituição de nitrogênio por esterco bovino na produtividade de forragem e qualidade do solo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.4, p.852-66, 2011.

BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, n.5, p.415-422, 2007.

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 American Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Sistema de Informações Geográficas aplicado à especialização da capacidade de uso da terra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.40, n.2, p. 174-179, 2010.

COUTO, E.G. Variabilidade espacial de propriedades do solo influenciadas pela agricultura em escala regional e local no sul do estado do Mato Grosso. 1997. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CRUZ, J. S.; ASSIS-JÚNIOR, R. N.; MATIAS, S. S. R.; TAMAYO, J. H. C.; TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.2, p.361-368, 2010.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 31p. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

JUNIOR, L. A. Z.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. *Ciência Rural*, Santa Maria v.37, n.4, p. 1000-1007, jul-ago, 2007.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479p. 1948.

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*, Viçosa, v.34, n.1, p. 127-136, 2010.

ORTIZ, J. L. Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. 2003. 205p. Dissertação Mestrado. UNESP/ESALQ, Piracicaba. 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I. Soil diversity in the tropics. *Advison Ecology Research*, v. 21, p. 315-389, 1991.

SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GONCALVES, A. C. A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, n.4, p. 1369-1377, 2008.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. *Biometrika*, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SILVA-NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A.; NEVES-NETO, D. N. Análise espacial dos parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótipo sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.32, n.2, p. 541-552, 2011.

Tabela 1. Análise descritiva dos atributos químicos do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

Variável	Média	Mediana	Variância	Coeficiente			SW ¹
				Varição	Assimetria	Curtose	
Ca+Mg	3,35	3,45	0,73	21,80	-1,24	2,69	0,00002ns
pH (H ₂ O)	5,89	5,86	0,25	8,54	0,51	-0,54	0,00365ns
H+Al	2,29	2,43	0,62	34,38	-0,51	-0,20	0,00128ns
K	0,15	0,15	0,006	50,53	1,45	3,41	0,00001ns
CTC _{pH7}	5,79	5,94	1,27	19,47	-0,71	1,13	0,01089*
SB	3,50	3,64	0,55	21,22	-1,27	2,68	0,00001ns

⁽¹⁾SW: teste de normalidade de Shapiro-Wilk; (*) significativo a 5%; (ns): não-significativo a 5%; Ca+Mg, K, H+Al, CTC_{pH7}(capacidade de troca de cátions a pH 7), SB(soma de bases) em cmol_cdm⁻³.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores dos atributos químicos do solo.

Atributo	Modelo	Parâmetro			Classe	A ⁴ (m)	R ^{2*}	SQR ⁵
		C ₀ ¹	C ₀ + C ²	ADE ³ (%)				
Ca+Mg	Exponencial	0,091	0,342	73,54	AL	21,2	0,627	2,07 ⁻²
pH	Exponencial	0,113	0,264	57,31	ME	20,5	0,576	1,54 ⁻²
H+Al	Exponencial	0,329	0,700	53,00	ME	21,9	0,463	5,36 ⁻²
K ⁺	Exponencial	0,003	0,006	53,02	ME	20,6	0,538	9,73 ⁻⁶
CTC _{pH7}	Esférico	0,416	1,330	68,72	AL	30,6	0,521	0,35
SB	Exponencial	0,256	0,600	57,33	ME	22,0	0,428	4,89 ⁻²

⁽¹⁾C₀: efeito pepita; ⁽²⁾C₀+C: patamar; ⁽³⁾ADE: avaliador de dependência espacial; ⁽⁴⁾A: alcance; ⁽⁵⁾SQR: soma dos quadrados dos resíduos; (*)R²: coeficiente de determinação espacial; Ca+Mg, K, H+Al, CTC_{pH7}(capacidade de troca de cátions a pH 7), SB(soma de bases).

Figura 1. Mapas de contorno da distribuição espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

