

Variabilidade espacial de Ca+Mg e pH de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto⁽¹⁾.

João Vidal de Negreiros Neto⁽²⁾, Rubens Ribeiro da Silva⁽³⁾; Analu Guarnieri⁽⁴⁾; Luiz Alberto Kuyumjian⁽⁴⁾; Antonio Clementino dos Santos⁽³⁾; Robson da Costa Leite⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFT/Câmpus de Gurupi; ⁽²⁾ Doutorando em Produção Vegetal; Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi-TO; joao_vidal@uol.com.br; ⁽³⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal do Tocantins; Campus de Gurupi-TO e de Araguaina-TO; rrs2002@uft.edu.br; clementino@uft.edu.br; ⁽⁴⁾ Mestrando(a) em Produção Vegetal; Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi-TO, analugarnieri@gmail.com; lak_159@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal do Tocantins; Campus de Gurupi-TO; robsontec.agrop@yahoo.com.br.

RESUMO: Otimização de insumos agrícolas, redução de custos de produção e aumento de produtividade são premissas da agricultura de precisão para o manejo preciso de fertilidade do solo. O trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial de Ca+Mg e pH de um Latossolo em sistema plantio direto. Instalou-se malha amostral de 100 pontos, com espaçamentos regulares de 5,0 m no sentido longitudinal e 3,2 m no sentido transversal, em área com 130 x 13,5 m. Foram feitas análises químicas do solo. Os dados foram submetidos à ANOVA por meio do software Assistat 7.6 e a construção de variogramas e confecção dos mapas de isolinhas foram realizadas pelo software GS+ 5.1.1. O valor médio de Ca+Mg (3,35 cmolc dm⁻³) foi alto e pH (5,89) médio. O valor de Ca+Mg apresentou alta dependência espacial e pH média. Os mapas indicaram zonas de maiores e menores valores de Ca+Mg e pH, com crescimento de Ca+Mg proporcional ao de pH. Há áreas passíveis de manejo de correção do solo.

Termos de indexação: dependência espacial, mapa de isolinha, manejo de correção.

INTRODUÇÃO

Conhecer a estrutura da variabilidade de atributos do solo, como os químicos, constitui-se como uma ferramenta útil para compreender a variabilidade da produtividade na área. De acordo com Durigon (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.

No SPD a variabilidade espacial dos atributos do solo é aumentada pela ação residual das linhas de adubação, bem como da redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos da cultura anterior (Couto, 1997; Santi et al., 2009). Cambardella et al. (1994) demonstram que as

variabilidades dos atributos do solo apresentam dependência espacial.

A agricultura de precisão (AP) tem impulsionado estudos geoestatísticos que melhor expliquem a dinâmica dos atributos químicos do solo em SPD. Loss et al. (2012) avaliando sistema de manejo e dinâmica da fertilidade do solo em áreas do Cerrado de Montividiu-GO, identificaram elevação nos teores de Ca e Mg e no pH nas áreas manejadas sob SPD em relação as áreas não manejadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de Ca, Mg e pH do solo de área cultivada com milho manejada com SPD.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, Câmpus Universitário de Gurupi-TO, nas coordenadas geográficas 11°44'35,49" de latitude Sul e 49°02'57,52" de longitude Oeste, 280 m de altitude. O solo foi classificado como sendo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

A área vem sendo cultivada com a cultura do milho por oito anos sob SPD. A área experimental foi de 130 x 13,5 m (1755 m²). Foi estabelecida uma grade amostral regular com 100 pontos de coleta espaçados 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.

Para coleta das amostras utilizou-se anel metálico com volume de 50 cm³. Os atributos Ca, Mg e pH em água foram analisados pelo método descrito pela Embrapa (1997), no LabSolo da UFT, Câmpus de Gurupi.

Os valores de Ca+Mg e pH do solo foram submetidos à análise exploratória dos dados para verificar se esses ocorriam de maneira aleatória ou agregadas, calculando-se a média, mediana, coeficientes de variação, assimetria e curtose, bem com o tipo de distribuição, com o auxílio do

programa computacional de estatística Assistat 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2006). As hipóteses de normalidade ou lognormalidade foram testadas pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) a 5% de significância.

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 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2001).

A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas, utilizando-se o programa GS+ v. 5.1.1 (ROBERTSON, 1998). Utilizaram-se lags com intervalos não uniformes para os ajustes aos modelos. Realizou-se a seleção dos modelos com base na menor SQR (soma de quadrados dos resíduos) e melhor R^2 (coeficiente de determinação espacial) e avaliador de dependência espacial (ADE): $ADE = [C/(C + C_0)] * 100$

onde: ADE é o avaliador de dependência espacial, proposta por Dalchiavon e Carvalho (2012); C, variância estrutural; C_0 , efeito pepita; e $C + C_0$, patamar. As classes são: dependência muito baixa (MB), quando ADE for menor que 20%; baixa (BA), $ADE \geq 20\%$ e $< 40\%$; média (ME), $ADE \geq 40\%$ e $< 60\%$; alta (AL), $ADE \geq 60\%$ e $< 80\%$; e muito alta (MA) quando $ADE \geq 80\%$ e $< 100\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos teores de Ca+Mg e pH estão apresentados na **tabela 1**. De acordo com as classes de interpretação de fertilidade do solo (Ribeiro et al., 1999), o valor de mediana de Ca+Mg ($3,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi classificado como alto e a acidez como média. A variância dos valores de Ca+Mg de $0,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, resultando em Coeficiente de Variação de 21,80%, ainda permite valores de médio a alto, quando aplicada a variação. Já a pequena variância de pH (0,25), não altera a classe de acidez do solo. Apesar dos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentarem distribuição não-normal para Ca+Mg e pH, o valor teórico de curtose ficou próximo de 3 para Ca+Mg e de assimetria próximo de 0 para pH. Quando a normalidade é satisfeita por uma das duas condições a estimação por krigagem apresenta melhores resultados (Paz-Gonzales et al., 2001). A ausência de normalidade nos atributos estudados deve-se provavelmente ao histórico de adubação desuniforme da área. Entretanto, Corá e Beraldo (2006) descartam a necessidade de normalidade dos atributos do solo, no estudo geoestatístico, quando se avalia os dados em conjunto.

A **tabela 2** apresenta os modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores dos tributos químicos e físicos do solo da área experimental. O modelo exponencial foi o que apresentou melhor ajuste aos atributos estudados. A alta dependência espacial para a distribuição de Ca+Mg (ADE = 73,54%) está relacionada ao modo de aplicação em área total do calcário na área experimental, distribuindo e incorporando uniformemente em toda a área. Além disso, a baixa solubilidade e mobilidade do calcário no solo condiciona a reduzida dispersão de cálcio e magnésio (Pavinato et al., 2009; Lima et al., 2013). O alcance de 21,2 m, permite inferir que dentro dessa distância os valores de Ca+Mg são iguais.

Com média dependência espacial (ADE=57,31%), o pH do solo resulta de outras implicações além do efeito dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} . Adubações e calagens frequentes tendem a formar um gradiente de concentração superficial (Eltz et al., 1989), resultando em aumento da variabilidade no pH. O alcance de pH foi de 20,5 m (**Tabela 2**).

Os mapas temáticos de isolinhas dos teores de Ca+Mg e dos valores de pH do solo são apresentados na **Figura 1**. Por meio desses mapas é possível visualizar as zonas de maiores e menores teores de Ca+Mg e de valores de pH. Pequenas áreas foram identificadas com valores de Ca+Mg inferiores a $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Essas manchas, percebidas apenas pela construção de mapas, são passíveis de aplicações pontuais. Embora seja de baixa mobilidade no solo, estes cátions podem ser complexados a ligantes orgânicos, tornando-os mais móveis (Freiria et al., 2008).

O mapa de isolinha do pH do solo apresenta uma zona de valor 5, no canto superior esquerdo, que coincide com zona de valores altos de Ca+Mg, o que não representa fator limitante na correção pontual por calagem. O mapa de pH apresenta pequena variabilidade espacial, corroborando informações de Silva & Chaves (2001), para os quais os atributos químicos do solo apresentam maior variação que as propriedades físicas, excetuando o pH.

CONCLUSÕES

A baixa variabilidade espacial e alcance dos teores de Ca+Mg estão relacionados a baixa solubilidade e mobilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo.

O pH apresenta pequena variabilidade espacial.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFT – Universidade Federal do Tocantins/Câmpus Universitário de Gurupi.



REFERÊNCIAS

- 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 American Journal*, v.58, p.1501-1511, 1994.
- DALCHIAVON, F. C.; Carvalho, M. P. *Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 2, p. 541-552, abr. 2012.
- DURIGON, R. Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa*). 2007. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:259-267, 1989.
- 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.
- FREIRIA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, p. 285-291, 2008.
- LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; SILVA, J. M. da. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo VermelhoAmarelo cultivado em plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, p.16-23, 2013.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J. et al. Densidade e fertilidade do solo sob sistema de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias*, 55:260-268, 2012.
- PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.33, p.1031-1040, 2009.
- PAZ-GONZALEZ, A.; TABOADA CASTRO, M. T.; VIEIRA, S. R. Geostatistical analysis of heavy metals in a one-hectare plot under natural vegetation in a serpentine area. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 81, p. 469-479, 2001.
- 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.
- SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; DELLA FLORA, L. P. & SMANIOTTO, R. F. F. É chegada a hora da integração do conhecimento. *Revista Plantio Direto*. 109 ed. Passo Fundo, RS. jan./fev 2009.
- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A new version of the Assistat - Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4., 2006, Orlando. Proceedings...Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers. p. 393-396. 2006.
- SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em alissolos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.3, p.431-436, 2001.

Tabela 1. Análise descritiva dos atributos químicos e físicos 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

¹SW: teste de normalidade de Shapiro-Wilk; (*): significativo a 5%; (ns): não-significativo a 5%; Ca+Mg em cmol_c dm⁻³.

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

Atributo	Modelo	Parâmetro						
		C ₀ ¹	C ₀ + C ²	ADE ³ (%)	Classe	A ⁴ (m)	R ^{2*}	SQR ⁵
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

⁽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, pH.

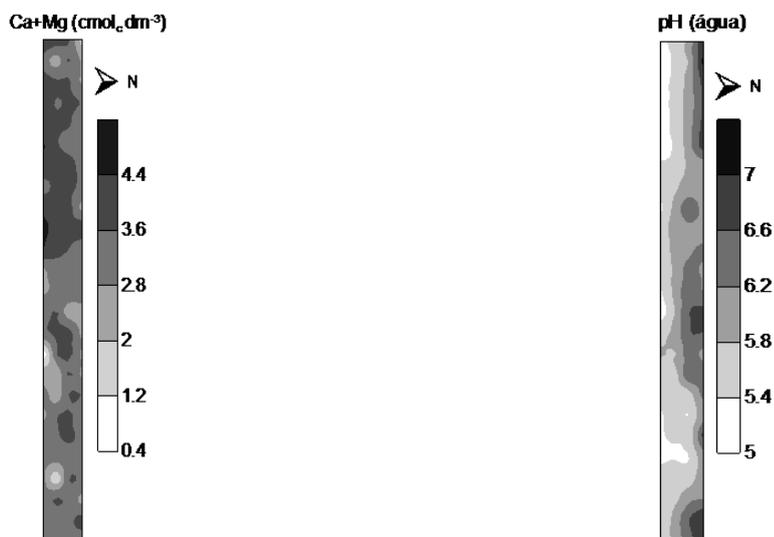


Figura 1. Mapas de contorno da distribuição espacial de Ca+Mg e pH, de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.