

Distribuição espacial de P e K de três classes de solo de uma topossequência de Cerrado⁽¹⁾

Analu Guarnieri⁽²⁾; Rubens Ribeiro da Silva⁽³⁾; Antonio Clementino dos Santos⁽³⁾; João Vidal de Negreiros Neto⁽⁴⁾; Álvaro José Gomes de Faria⁽⁵⁾; Karolline Sena Figuerêdo⁽⁵⁾

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

RESUMO: O estudo da topossequência dos solos associada à geoestatística permite uma visão global e integrada dos diversos componentes da paisagem. Assim, foram coletadas amostras deformadas de solo para análises físicas e químicas do solo, abertas trincheiras para avaliações visuais e determinação das classes de solo na topossequência. As análises estatísticas foram feitas nos programas Assistat 7.6 e Gs+. O grau de revolvimento e o modo de aplicação não influenciaram na distribuição espacial do K no solo. A expressiva variabilidade espacial e vertical nos teores de fósforo no solo está relacionada ao efeito residual proporcionado manejo de adubação.

Termos de indexação: krigagem, variabilidade de P, variabilidade de K.

INTRODUÇÃO

O estudo da topossequência dos solos permite uma visão global e integrada dos diversos componentes da paisagem. As topossequências têm sido utilizadas para compreender a pedogênese e o comportamento atual dos solos, sobretudo por estabelecer relações entre atributos do solo e relevo. Quando a topossequência de vegetação nativa é convertida para a cultivada, pode haver perda de nutrientes ao longo do declive, em decorrência de práticas agrícolas inadequadas (Faria et al., 2010). A fitofisionomia dessas superfícies corresponde às diferentes formações de cerrado (savânicas e campestres), sendo a sazonalidade do clima o fator determinante da sua distribuição, com período chuvoso na maior parte da região entre outubro e março (Gomes et al., 2004).

Muitas propriedades químicas e físicas, como a retenção de água, erodibilidade, infiltração de água, drenagem, capacidade de troca catiônica entre outras são influenciadas pela textura. Os teores de elementos no solo refletem, em maior ou menor grau, os teores no material de origem, com

exceção lógica dos casos com deposição deste por uma fonte antrópica qualquer, podendo ser utilizado em estudos sistemáticos e pedogenéticos (Oliveira & Costa, 2004).

A distribuição espacial dos atributos químicos do solo é maior com a adoção do sistema plantio direto, tanto no sentido horizontal, pela distribuição irregular na superfície do solo, quanto no sentido vertical, pelas diferenças nos teores de uma camada mais superficial em relação à outra mais abaixo (Zanão Júnior et al., 2010; Dalchiavon et al., 2012), demandando a definição de novos procedimentos de amostragem para contemplar essas alterações. Neste sistema, os resíduos dos vegetais provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, causando alterações no movimento e na redistribuição de compostos mais solúveis. Adubações e calagens frequentes em superfície tendem a formar um gradiente de concentração superficial (Eltz et al., 1989), causando variabilidade no pH e nos teores de nutrientes.

A observação das variações na fertilidade do solo em topossequência, por meio de métodos geoestatísticos, tem contribuído para o entendimento da influência do relevo na distribuição dos atributos do solo e, em consequência, a definição e recomendação de zonas de manejo (Silva et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos dos solos de Cerrado em topossequência caracterizada por diferentes usos, na camada de 0-60 cm de profundidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus Universitário de Gurupi-TO, na porção Sul do Estado do Tocantins e malha

amostral de coordenadas 11° 44' 50,51" S, 49° 03' 01,68" O.

As amostras foram coletadas de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2005) e a classificação utilizando o Manual do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Foram abertas trincheiras para avaliações visuais e determinação das classes de solo na topossequência, que possuía manejo e sistemas de cultivos diferentes. Os solos foram assim classificados: Plintossolo Pétrico litoplântico, Latossolo Vermelho eutrófico, Neossolo Flúvico psamítico e Gleissolo Melânico Tb eutrófico. As amostras indeformadas de solo, para determinação de atributos físicos, foram coletadas por meio do método do anel volumétrico (Kopecky), com volume interno de 50 cm³, nas profundidades de 0-0,05, 0,10-0,15, 0,15-0,30 e 0,30-0,60 m, pesadas e levadas à estufa a 65°C por 48 horas para determinação da densidade do solo.

A análise dos teores de fósforo disponível (P; mg dm⁻³) e potássio trocável (K⁺; cmol_c dm⁻³) no solo, foram as mesmas amostras dos atributos físicos e realizadas segundo Embrapa (1997).

Análise estatística

Inicialmente os atributos químicos do solo foram submetidos à análise exploratória dos dados para verificar se ocorreram de forma aleatória ou agregados, calculando-se a média, mediana, curtose e a variação, com o auxílio do programa computacional de estatística Assistat 7.6 (Silva & Azevedo, 2006). Utilizou-se o teste de Shapiro e Wilk (1965) a 5% de significância para testar a hipótese de normalidade, ou da lognormalidade.

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 (Robertson, 1998).

A análise da dependência espacial foi feita através do ajuste dos dados ao semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas. A seleção dos modelos se baseou na menor SQR (soma de quadrados dos resíduos) e melhor R² (coeficiente de determinação espacial) e avaliador de dependência espacial (ADE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos atributos químicos do solo está na **Tabela 1**. Os valores de média e mediana de todas as variáveis estão próximos, no entanto não são consideradas distribuições simétricas. Por esse motivo foi adotada a avaliação dos valores de mediana dos atributos químicos do solo para a área em topossequência, que foram

classificados, conforme Ribeiro et al. (1999). O teor de fósforo se enquadrou na classe Muito Baixo em todas as profundidades, com valores inferiores a 0,73 mg dm⁻³. Os teores de potássio no solo foram classificados como Muito Bom em todas as profundidades estudadas.

O atributo K na profundidade de 0,15-0,30 m e P na profundidade de 0,30-0,60 m apresentaram coeficiente de assimetria negativo, o que mostra tendência de maior quantidade de valores maiores que a média. Os demais atributos químicos do solo apresentaram distribuição assimétrica (**Tabela 1**).

A adoção do teste de normalidade de Shapiro e Wilk aos dados indicou distribuição normal para a maioria das variáveis. Apenas K na profundidade de 0-0,05m e de 0,10-0,15m e P na profundidade de 0,15-0,30m não apresentaram distribuição normal.

A distribuição espacial dos dados para alguns atributos não foi normal. Contudo, conforme Corá & Beraldo (2006) não é necessário a distribuição normal das variáveis, no estudo geoestatístico, quando se avalia os dados em conjunto.

Os mapas de distribuição espacial de K no perfil dos solos são apresentados na **Figura 1**. Os maiores valores estão na superfície, numa área próxima a borda esquerda, no mapa, no Latossolo.

A distribuição do K no perfil mostrou ser independente do grau de revolvimento do solo e, ou, do modo de aplicação do K (Model & Anghinoni, 1992). Ao avaliar três sistemas de manejo em Argissolo Vermelho, Costa et al. (2009), constataram que independentemente do manejo de adubação adotado há um maior acúmulo em superfície, uma vez que tal nutriente não participa como componente estrutural da planta, elevando a ciclagem em sistemas com adição contínua de resíduo (Rossato, 2004). Possivelmente, isso ajuda a explicar os maiores valores em superfície e na área em que são desenvolvidos plantios sucessivos há 15 anos, com adubação mineral e a incorporação do resto da cultura na área.

Contudo, os valores de K caem drasticamente já na profundidade de 0,10-0,15 m, permanecendo estáveis até a profundidade de 0,30-0,60 m. Diferentemente dos maiores valores em superfície encontrados neste estudo, os resultados de acúmulo de K em profundidade foram observados em cultivo mínimo (Opoku et al., 1997).

Apesar da baixa dinâmica de deslocamento de fósforo, tanto no perfil, quanto em área, não houve expressiva variabilidade espacial e vertical nos valores encontrados (**Figura 2**). Provavelmente, sistemas de cultivo e manejo de adubação tenham interferência nos gradientes de fósforo. Resultado parcialmente parecido foi encontrado por Rheinheimer e Anghinoni (2001), ao estudar três



profundidades de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado por 15 anos em sistema plantio direto (SPD) e preparo convencional (SPC). Entre camadas do solo houve elevado gradiente de P. Entretanto, nas camadas o gradiente foi mais suave.

CONCLUSÕES

A forte dependência espacial dos teores de P no solo, nas profundidades de 0-0,05 m, 0,10-0,15 m e 0,15-0,30 m está relacionada ao efeito residual proporcionado manejo de adubação.

A forte dependência espacial dos teores de K no solo nos diferentes solos e profundidades se deve a mobilidade desse cátion no solo.

REFERÊNCIAS

- COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H.; SOUZA, Z. M. de. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. *Ciência Agrotecnológica*, 33: 361-368, 2009.
- CORÁ, J. E.; BERARDO, J. M. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.26, n.2, p.374-387, 2006.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.
- 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. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FARIA, A. F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M.; BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do rio Araguaia, estado do Tocantins. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, p. 527-524, 2010.
- GOMES J. B. V.; CURTI, N.; SCHULZE, D. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; KER, J. C.; MOTTA, P. E. F. Mineralogia morfologia e análise microscópica de solos do bioma Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 28, p. 679-694, 2004.
- 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.
- OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M. Metais pesados em solos de uma topossequência do triângulo mineiro ⁽¹⁾. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 28, p. 785-796, 2004.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, U. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 92p. 2005.
- 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, S. A.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p. 15-22, 2010.
- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A new version of the Assisat - 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.
- 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.
- 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.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; PEREIRA, J. M. A. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em latossolos sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 34, p. 389-400, 2010.

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

Variável	Média	Mediana	Variância	CV	Assimetria	Curtose	SW ¹
0-0,05 m							
P	0,76	0,72	0,72	16,30	1,09	0,22	0,08*
K	13,33	8,50	174,06	98,95	1,99	4,21	0,01ns
0,10-0,15 m							
P	0,71	0,69	0,01	12,41	0,49	-0,75	0,45*
K	6,92	5,50	14,91	55,83	0,68	-1,17	0,05ns
0,15-0,30 m							
P	0,69	0,70	0,01	8,44	1,51	3,52	0,02ns
K	5,13	5,50	4,34	40,64	-0,49	-1,24	0,09*
0,30-0,60 m							
P	0,69	0,71	0,01	7,94	-0,55	0,29	0,76*
K	4,22	3,50	9,32	72,42	0,54	-0,93	0,41*

⁽¹⁾SW: teste de normalidade de Shapiro-Wilk; (*): significativo a 5%; (ns): não-significativo a 5%; K e P disponível em mg dm⁻³.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores dos atributos químicos dos solos da topossequência.

Variáveis	Modelo	Co ¹	Co+C ²	ADE ³	Classe	A ⁴	R ²	SQR ⁵
0-0,05 m								
K	Gaussiano	1,0 ⁻²	151,90	99,99	MA	108,00	0,81	20181
P	Gaussiano	1,0 ⁻³	0,02	95,00	MA	160,00	0,98	1,38 ⁻⁴
0,10-0,15 m								
K	Gaussiano	1,0 ⁻²	17,00	99,94	MA	81,00	0,91	196,00
P	Gaussiano	1,0 ⁻³	0,01	90,00	MA	140,00	0,96	1,55 ⁻⁵
0,15-0,30 m								
K	Gaussiano	1,0 ⁻²	3,00	99,67	MA	75,00	0,77	12,60
P	Gaussiano	1,0 ⁻³	0,01	90,00	MA	180,00	0,93	2,40 ⁻⁵
0,30-0,60 m								
K	Gaussiano	1,0 ⁻²	6,00	99,83	MA	82,00	0,67	24,60
P	Gaussiano	1,0 ⁻³	3,0 ⁻³	66,67	AL	85,00	0,85	6,63 ⁻⁶

⁽¹⁾Co: efeito pepita; ⁽²⁾Co+C: patamar; ⁽³⁾ADE: avaliador de dependência espacial (%); ⁽⁴⁾A: alcance (m); ⁽⁵⁾SQR: soma dos quadrados dos resíduos; (*)R²: coeficiente de determinação espacial; K e P disponível em mg dm⁻³, pH.

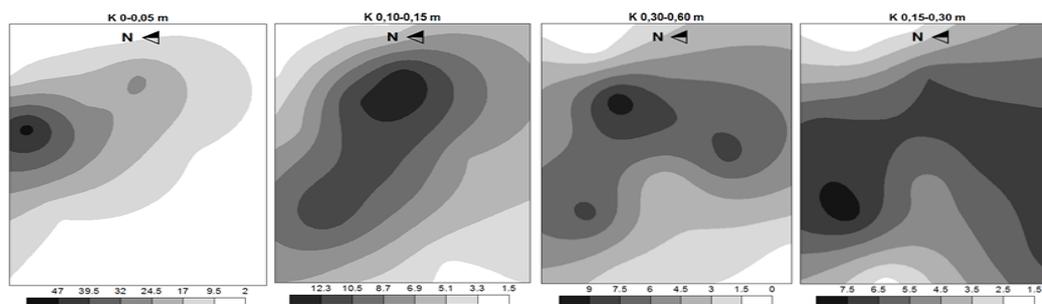


Figura 1. Mapas de contorno da distribuição espacial de K nas profundidades de 0-0, 05, 0,10-0,15, 0,15-0,30 e 0,30-0,60 m.

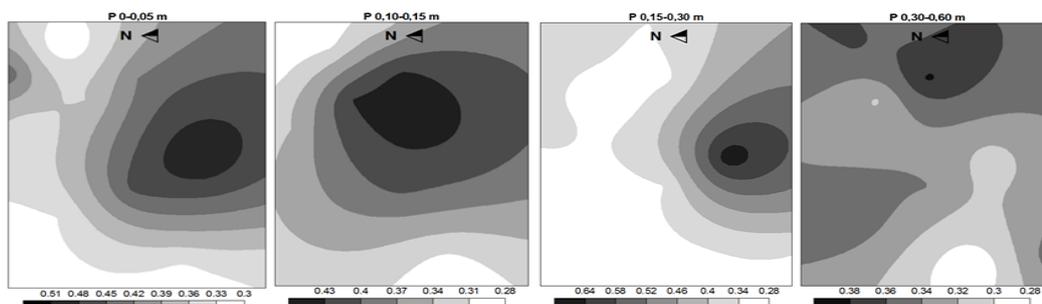


Figura 2. Mapas de contorno da distribuição espacial de P nas profundidades de 0-0, 05, 0,10-0,15, 0,15-0,30 e 0,30-0,60 m.