

Variabilidade espacial da acidez de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária ⁽¹⁾

Mônica Cristina Sangiovo⁽²⁾; Rodrigo Gonçalves Trevisan⁽³⁾; Gabriel Casagrande Torres⁽³⁾; Flávio Jesus Wruck⁽⁴⁾; Onã da Silva Freddi⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, CNPq; ⁽²⁾ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT/Sinop/ICAA, Sinop-MT, monicasangiavo@hotmail.com; ⁽³⁾ Graduandos em Agronomia, UFMT/Sinop/ICAA; ⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo, M. Sci. Fitotecnia Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão; ⁽⁵⁾ Professor adjunto II, UFMT/Sinop/ICAA.

RESUMO: A acidez do solo é uma das maiores limitações naturais dos solos do cerrado brasileiro, afetando diretamente o rendimento das culturas. Diante disso, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial da acidez de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com arroz de terras altas em sistema de integração lavoura-pecuária. O estudo foi realizado em 2012, no município de Santa Carmem, norte do Estado de Mato Grosso. Adotou-se uma malha regular com 100 pontos distribuídos numa área de 26400 m², nos quais se determinou o pH em água, pH em KCl e o delta pH nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Os valores de pH determinado em KCl e em água apresentaram-se positivamente correlacionados, tanto para a mesma profundidade quanto na comparação entre as diferentes camadas do solo. Todas as variáveis analisadas, com exceção do delta pH, apresentaram dependência espacial, sendo esta superior na camada 0,10-0,20 m, com alcances variando entre 32,0 e 93,9 m.

Termos de indexação: geoestatística, krigagem, delta pH.

INTRODUÇÃO

O pH do solo é um dos atributos de maior influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois está diretamente ligado a solubilidade, concentração, disponibilidade e capacidade de retenção da maioria dos nutrientes essenciais às culturas (Canellas et al., 1999).

A acidez causa decréscimo na disponibilidade de alguns nutrientes; torna o ambiente desfavorável para os micro-organismos que realizam a decomposição da matéria orgânica e fixação de nitrogênio e promove a elevação dos teores de alumínio podendo atingir níveis tóxicos.

O delta pH do solo refere-se à diferença entre o pH obtido em KCl e o determinado em água. Ele indica o estado das cargas elétricas de um sistema composto por óxidos. Se o pH em KCl for inferior ao pH medido em água, o delta pH é negativo predominando cargas negativas (maior CTC), se o

pH em KCl for superior ao pH em água predominam cargas positivas (Fearnside et al., 2002). Quando o valor de pH em água for igual ao valor de pH em KCl tem-se o valor de carga total nulo, o que é definido como ponto de carga zero (PCZ).

Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se medir a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (Carvalho et al., 2002).

A abordagem que têm se mostrado mais adequado nesse contexto é a geoestatística, que surge como uma ferramenta que permite a análise e quantificação da variabilidade espacial dos fatores de interesse, permitindo aos produtores tomarem decisões mais precisas e obter maiores produtividades em culturas comerciais.

Diante disso, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a variabilidade espacial do pH em água, pH em KCl e delta pH em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com arroz de terras altas em sistema de integração lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em parceria com a EMBRAPA Agrossilvipastoril na Unidade de Referência Tecnológica em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, implantada na Fazenda Dona Isabina, município de Santa Carmem, norte do Mato Grosso (12° 03' 58" S e 55° 21' 07" O).

O local apresenta tipo climático Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 2.064 mm, temperatura média de 30°C e altitude de 375 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa.

O solo na área do experimento vem sendo usado sob o sistema de integração lavoura-pecuária por sete anos. O arroz, cultivar BRS Monarca, foi semeado no dia 01/12/2011 e colhido no dia 25/03/2012.

Adotou-se uma malha experimental de formato retangular constituída de 7 linhas e 12 colunas, contendo 84 pontos amostrais, espaçados de 20 em 20 m em ambos os eixos, com mais 16 pontos de refinamento, totalizando 100 pontos numa área de estudo de 26400 m².

Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solo com trado do tipo Holandês, nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Estas foram utilizadas para determinação do pH em água, pH em KCl e cálculo do delta pH, seguindo metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

Para cada variável estudada, efetuou-se a análise descritiva clássica e análise de correlação linear, com auxílio do programa R versão 2.15.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Posteriormente, realizou-se a identificação dos outliers, considerando-se atípicos os valores encontrados além de três vezes o intervalo interquartil no gráfico Box Plot, sendo estes substituídos pelo valor médio de quatro circunvizinhos contidos na malha. Para testar a hipótese de normalidade dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro & Wilk ($p < 0,05$).

Os dados foram então submetidos a análise geoestatística, com auxílio do programa GS+ v.7.0 (Robertson, 2004). Realizou-se a modelagem dos semivariogramas, sendo ajustados pelo método dos mínimos quadrados ordinários e como critério para avaliação da dependência espacial utilizou-se a equação e a interpretação propostas por Zimback (2001). O critério final de decisão do modelo de semivariograma foi o melhor ajuste obtido pela validação cruzada. Uma vez ajustados os semivariogramas, realizou-se a krigagem ordinária dos dados e a geração dos mapas de contorno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações entre os atributos do solo avaliados foram em sua maioria significativas e positivas, com exceção do delta pH, indicando que existe a tendência de que valores mais altos de um atributo estejam associados a valores mais altos dos demais (**Tabela 1**).

As maiores correlações observadas foram entre o pH em água e o pH em KCl, com coeficientes de 0,80 na primeira camada e 0,88 na segunda camada do solo. As correlações entre os mesmos atributos nas diferentes camadas também foram significativas, chegando a 0,73 para o par pHKCl1 e pHKCl2.

As baixas correlações do delta pH com os demais atributos podem estar associadas ao fato desse atributo ser obtido como uma diferença do pH determinado em KCl e o pH determinado em água, não dependendo diretamente de um único atributo.

A análise geoestatística das variáveis evidenciou a existência de dependência espacial, sendo esta moderada para pH1 e pHKCl1 e alta para o pH2 e o pHKCl2 (**Tabela 2**). Já o delta pH apresentou distribuição aleatória na área, sem dependência espacial, o que ficou caracterizado pelo efeito pepita puro na análise variográfica. Isso indica que na escala utilizada os valores do atributo na área são independentes dos valores de pontos vizinhos, o que não permite o uso da krigagem para a interpolação dos valores.

O semivariograma do tipo exponencial foi o que melhor se ajustou a variância experimental para a variável pHKCl tanto na camada 0-0,10 m quanto 0,10-0,20 m. Para as demais variáveis estudadas houve variação no modelo do semivariograma, sendo este do tipo gaussiano para o pH1 e esférico para o pH2. Quanto ao alcance da dependência espacial, este variou entre 32,0 e 93,9 m, sendo superior para o pHKCl1.

A maior dependência espacial exibida na segunda camada de amostragem é um indicativo que a superfície do solo está mais sujeitas às alterações promovidas pelo manejo do solo e demais atividades antrópicas, o que torna as camadas mais profundas de grande utilidade no estudo de padrões intrínsecos ao solo, podendo apresentar melhores resultados na delimitação de zonas de manejo diferenciado.

Todos os ajustes apresentaram bons resultados na validação cruzada, com valores do coeficiente angular da regressão variando de 0,840 a 0,988 e os valores de r variando entre 0,36 a 0,60. Isso mostra que os semivariogramas ajustados foram capazes de descrever adequadamente a variância dos atributos em função da distância, podendo ser usados para prever o valor das variáveis em locais não amostrados, o que permitiu a geração dos mapas apresentados na **Figura 1**.

Na comparação entre os mapas, observa-se que tanto o pH1 quanto o pHKCl1 apresentaram valores superiores na parte central e inferior direta do mapa, com menores valores ocorrendo na porção esquerda e superior dos mapas, o que está de acordo com a correlação linear positiva obtida entre esses atributos. Segundo Azevedo (2004), o uso de mapas de variabilidade permite localizar geograficamente as áreas onde ocorrem valores limitantes de um atributo, permitindo a recomendação de práticas de manejo localizadas para solucionar os problemas observados.

O maior alcance obtido na modelagem do semivariograma para o pHKCl1 em relação ao pH1 também pode ser constatado pela observação dos mapas de krigagem. As zonas que separam as diferentes classes de valores do pHKCl1 estão distribuídas em grandes áreas contíguas, com transição suave, enquanto que para o pH1 existe a formação de maior número de zonas, havendo a

transição abrupta de locais com valores altos e baixos em curtas distâncias. Do ponto de vista prático, o maior alcance e menor variabilidade observados na segunda camada permite que se utilizem densidades amostrais menores nesta profundidade.

CONCLUSÕES

Os valores de pH determinado em KCl e pH determinado em água apresentaram-se positivamente correlacionados, tanto para a mesma profundidade quanto na comparação entre diferentes camadas.

Todas as variáveis analisadas, com exceção do delta pH, apresentaram dependência espacial, sendo esta superior na camada 0,10-0,20 m, com alcances variando entre 32,0 e 93,9 m.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, CNPq, pela oportunidade e concessão de bolsas a primeira e ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, E.C. Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; AMARAL, N. M. B. Reações da matéria Orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.69-90.

CARVALHO, J.R.P. de; SILVEIRA, P.M. da; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N. Solo e desenvolvimento na Amazônia: lições do projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2002, 48p.

MONTEZANO, Z. F., CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homoganeamente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.30, p.839-847, 2006.

RAMOS, L.A. et al. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Viçosa, v.30 p 849-857, 2006.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy, San Diego, 38:45-94, 1985.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2012.

ROBERTSON, G. GS+: Geostatistics for environmental sciences: user's guide. Michigan: Plainwell, 2004.

ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114 f. Tese (Doutorado) — Tese (Livre-Docência)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

Tabela 1 – Matriz de correlação linear dos atributos avaliados em um Latossolo Vermelho–Amarelo sob integração lavoura-pecuária. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2012.

Variável ^(a)	Coeficiente de correlação ^(b)				
	pH1	pHkCl1	ΔpH1	pH2	pHkCl2
pHkCl1	0,800**				
ΔpH1	-0,307**	0,325**			
pH2	0,594**	0,709**	0,189 ^{ns}		
pHkCl2	0,544**	0,733**	0,304**	0,879**	
ΔpH2	-0,202*	-0,084 ^{ns}	0,185 ^{ns}	-0,413**	0,072 ^{ns}

^(a) pH, pHkCl e ΔpH, 1 e 2, são, respectivamente, o pH em água, o pH em KCl e o delta pH nas profundidades 0-0,10 e 0,10-0,20 m;

^(b) Valores com * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ns não significativo.

Tabela 2 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os atributos avaliados em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob integração lavoura-pecuária. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2012.

Atributo ^(a)	Modelo ^(b)	Co	Co+C	Ao (m)	r ²	SQR ^(c)	ADE ^(d)		Validação cruzada		
							%	Classe	A	b	r
pH1	gau(53)	1,70E-2	5,98E-2	32,0	0,78	1,63E-4	72	ME	0,06	0,988	0,49
pHKCl1	exp(55)	2,75E-2	5,66E-2	93,9	0,92	2,75E-5	50	ME	0,72	0,840	0,36
ΔpH1	epp	2,44E-2	2,44E-2	-	-	-	-	-	-	-	-
pH2	esf(59)	1,56E-2	8,01E-2	61,6	0,87	2,94E-3	81	AL	0,25	0,956	0,60
pHKCl2	exp(59)	1,32E-2	6,73E-2	70,2	0,90	2,45E-4	80	AL	0,11	0,976	0,52
ΔpH2	epp	1,79E-2	1,79E-2	-	-	-	-	-	-	-	-

^(a) pH, pHKCl e ΔpH, 1 e 2, são, respectivamente, o pH em água, o pH em KCl e o delta pH nas profundidades 0-0,10 e 0,10-0,20 m; ^(b) exp: exponencial, gau: gaussiano, esf: esférico, epp: efeito pepita puro; parênteses sucedendo o modelo: número de pares do primeiro lag, Co: efeito pepita, Co+C: patamar, Ao: Alcance; ^(c)SQR: soma dos quadrados dos resíduos; ^(d)ADE: avaliador de dependência espacial, sendo AL: alta dependência e ME: moderada dependência.

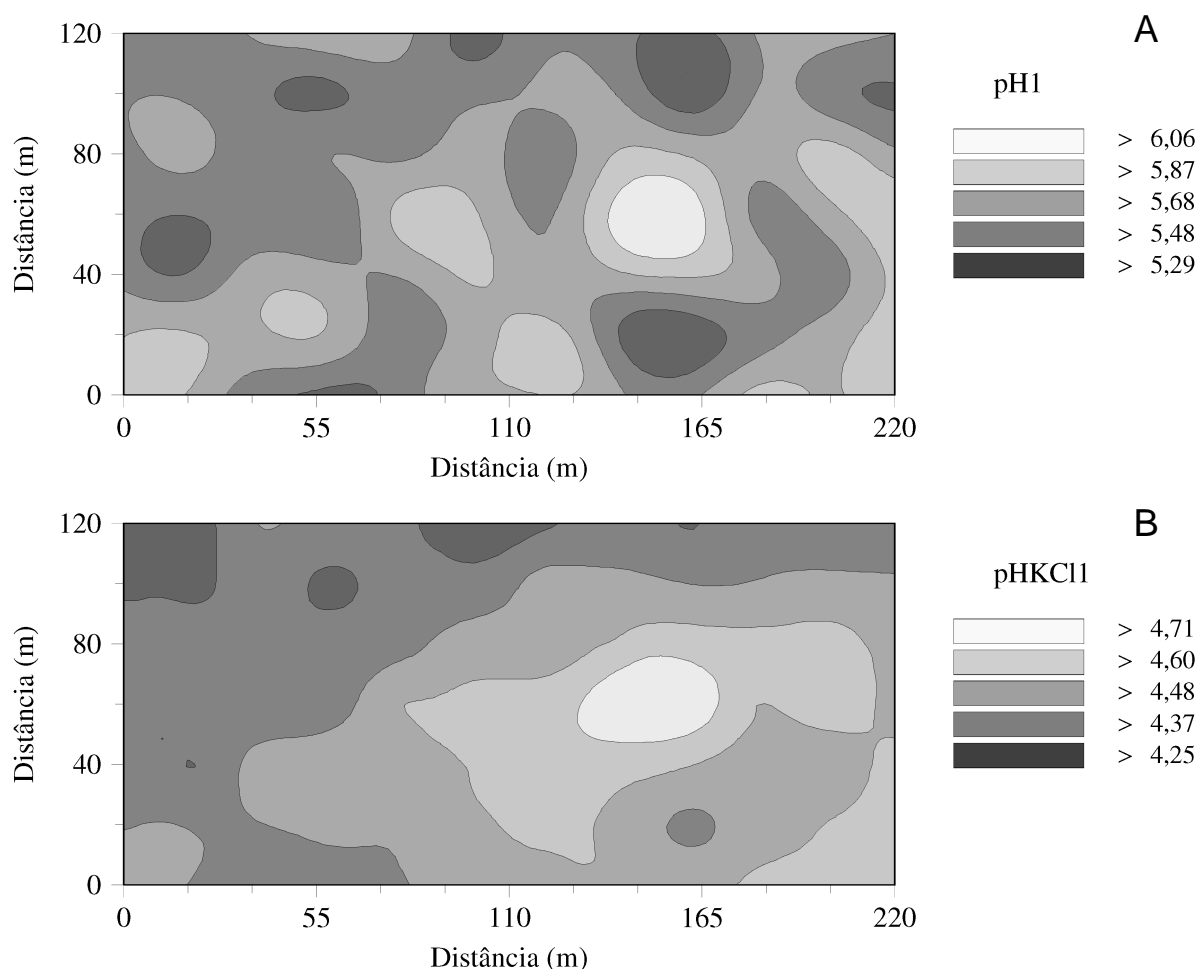


Figura 1 – Mapas de krigagem para (A) o pH em água e (B) o pH em KCl na profundidade 0-0,10 m de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob integração lavoura-pecuária. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2012.