



Variabilidade espacial de atributos da fertilidade do solo da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP

Viviane Cristina Modesto⁽¹⁾; Epitácio José de Souza⁽¹⁾; Lourdes Dickmann⁽¹⁾; Allan Hisashi Nakao⁽¹⁾; Rayner Sversut Barbieri⁽²⁾; Rafael Montanari⁽³⁾

⁽¹⁾ Doutorandos em Agronomia - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FEIS), Campus de Ilha Solteira - Av. Brasil, 56, Ilha Solteira - SP, CEP: 15385-000; E-mail: vivianemodesto@hotmail.com; ⁽²⁾ Mestrando em Agronomia - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FEIS), Campus de Ilha Solteira ⁽³⁾ Professor Assistente Doutor - Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia (FEIS), Campus de Ilha Solteira.

RESUMO: O conhecimento da variabilidade espacial da fertilidade do solo é de extrema importância, principalmente, para a agricultura de precisão. Assim, no ano de 2007, em uma microbacia no município de Ilha Solteira, SP, objetivou-se analisar a variabilidade espacial de atributos da fertilidade em um Latossolo Vermelho Distroférico e em um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutroférico. Foi instalada a malha de amostragem para a coleta de solo, com 130 pontos amostrais, numa área de 2.200 ha. Foram determinados os teores de matéria orgânica (MO), valor de pH em água, teores de potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Efetuou-se a análise descritiva clássica, com auxílio do software estatístico SAS, e em seguida foram modelados semivariogramas para todos os atributos, obtendo-se as respectivas validações cruzadas e mapas de krigagens com o GS⁺ 7.0. Nos dados analisados, observou-se que os maiores valores dos atributos pertencem à região sudeste dos mapas de krigagem e, portanto, existe uma variabilidade espacial para a transeção estudada.

Termos de indexação: Agricultura de precisão, fertilidade do solo, mapa de krigagem.

INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação adequados do solo são considerados os principais fatores responsáveis pela conservação de bacias hidrográficas (Lopes et al., 2011). Considerando-se que as atividades antrópicas podem promover a desestabilização das microbacias (Oliveira et al., 2013), tais efeitos devem ser acompanhados e monitorados periodicamente através de metodologias que integrem o uso de geotecnologias promovendo preservação do meio ambiente e melhorias à toda a comunidade.

O conhecimento da variabilidade espacial do solo através do uso da agricultura de precisão vem

sendo amplamente utilizado e é importante para o planejamento e análise dos setores de pesquisas e produção agropecuárias, permitindo a confecção de mapas de krigagem que auxiliarão na obtenção de zonas específicas de manejo do solo (Montanari et al., 2014).

Assim, devido à importância do estabelecimento de práticas conservacionistas de uso e manejo do solo em microbacias é necessário o conhecimento da distribuição espacial de atributos do solo. O presente trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade espacial de atributos químicos de solos na microbacia do Jardim Novo Horizonte em Ilha Solteira, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na microbacia Jardim Novo Horizonte, localizada no município de Ilha Solteira, SP, localizada a 51°15' de longitude Oeste e 20°25' de latitude Sul, com a altitude média de 320 m. O clima é classificado como Aw, segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Conforme preceitos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), os solos foram classificados como Latossolo Vermelho Distroférico (70%) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutroférico (30%). A microbacia estudada possuía vegetação antrópica/edificação (10,80%), vegetação natural ciliar (3,82%), pastagem (49,68%), vegetação natural (19,41%), área urbana (10,60%), área de propriedade da Companhia Energética de São Paulo (1,90%), corpo d'água (2,38%) e área degradada (1,41%). A coleta das amostras de solo foi realizada, em março de 2007 nas camadas de solo 0,00-0,10 e 0,10-0,20 cm. Para isso foram definidas as direções x e y do sistema de coordenadas cartesianas, efetuando-se o estaqueamento global e aleatório da malha experimental, com 130 pontos amostrais em uma área de 2.200 ha (65,5 m de distância entre pontos).

Os atributos químicos do solo avaliados foram matéria orgânica (MO), valor de pH em água, teores



de potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial ($H+Al$), alumínio (Al), soma de bases (SB), valores de saturação por bases ($V\%$) e saturação por alumínio ($m\%$). O solo foi seco ao ar (TFSA), destorroado mecanicamente, passado por uma peneira com malha de 2 mm e por fim analisado quimicamente, conforme Raij et al. (2001). Para cada atributo estudado, efetuou-se a análise descritiva clássica, com auxílio do software estatístico SAS, em que foram calculados a média, mediana, valores mínimos e máximos, desvio-padrão, coeficiente de variação, curtose, assimetria e a distribuição de frequência. Posteriormente, realizou-se a identificação dos outliers, que são valores que estão três vezes além do intervalo interquântico do Box Plot no gráfico de ramos e folhas, efetuando a substituição dos seus valores pelo valor médio dos circunvizinhos contidos na malha geoestatística. Para testar a hipótese da normalidade, ou da lognormalidade, realizou-se o teste de Shapiro e Wilk (1965) a 5%, utilizado quando o tamanho da amostra é menor que 2.000 observações (Schlotzhaver & Littell, 1999). Para cada atributo foi analisada a dependência espacial pelo cálculo do semivariograma simples, com base nos pressupostos de estacionaridade da hipótese intrínseca pelo uso do pacote Gamma Design Software GS⁺ 7.0 (GDS, 2004). Os ajustes dos semivariogramas, em função de seus modelos, foram efetuados prioritariamente pela seleção inicial de: 1) menor soma dos quadrados dos desvios (SQD); 2) maior coeficiente de determinação (r^2), e 3) maior avaliador da dependência espacial (ADE). Entretanto, para os atributos que não apresentaram dependência espacial, isto é, na ausência de estacionaridade, retirou-se a tendência dos dados por meio da técnica da regressão múltipla polinomial, conforme preceitos de Davis (1986). A decisão final do modelo que representou o ajuste foi atestada pela validação cruzada, assim como para a definição do tamanho da vizinhança que proporcionou a melhor malha de krigagem. Para cada atributo foram relacionados o efeito pepita (C_0), o patamar (C_0+C) e o alcance (A_0). A análise do avaliador da dependência espacial (ADE) foi efetuada conforme a Equação (GDS, 2004): $ADE = [C/(C + C_0)] \times 100$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos pesquisados na microbacia (Tabela 1) tiveram média variabilidade para o pH, com coeficiente de variação (CV) de 10,1%; alta variabilidade para saturação por bases (CV = 29,3%), e muito alta variabilidade para os demais atributos de acordo com Pimentel-Gomes & Garcia (2002), onde baixa (CV < 10%), média (10% < CV

<20%), alta (20% < CV < 30%) e muito alta (CV > 30%) magnitude do seu coeficiente de variação. A elevada variabilidade dos nutrientes no solo é comum em microbacias pelo efeito localizado de deposição dos minerais.

Analisando a Tabela 1 é possível constatar-se distribuição do tipo normal para o pH do solo. Montanari et al. (2010) salienta que quando possuir distribuição de frequência do tipo normal, a medida de tendência central mais adequada para representá-la deve ser a média, em contrapartida, será representada pela mediana, ou pela média geométrica, caso possua distribuição de frequência do tipo lognormal, entretanto o pH teve uma média de 5,6.

Na tabela 2, podem ser visualizados ainda os valores dos alcances geoestatísticos dos atributos, que ficaram entre 838 m (MO) e 576 m (CTC), conforme o atributo analisado, sendo que os valores do alcance podem influenciar na qualidade das estimativas. Os dados dos atributos pH, Ca, H+Al e SB ajustaram-se ao modelo exponencial; CTC e V% para esférico; K, Mg, Al e m% efeito pepita puro. Já para o atributo MO foi tido como modelo gaussiano. Várias pesquisas de variabilidade espacial de atributos do solo têm mostrado os modelos esférico e exponencial como de maior ocorrência (Montanari et al., 2005). No entanto identificou-se o modelo gaussiano como menor ocorrência. Já o efeito pepita puro com uma grande ocorrência, indicando dessa maneira, a não ocorrência da dependência espacial.

Observando os mapas de krigagem (Figura 1), verifica-se que os atributos V%, pH, SB, CTC, MO, H+Al apresentaram os maiores valores na região sudeste do mapa, enquanto os menores valores foram verificados na região noroeste.

CONCLUSÕES

Existe uma variabilidade espacial dos atributos de fertilidade do solo para a transeção estudada na microbacia pertencente ao Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira/SP.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 2006. 306 p.

LOPES, F.B. et al. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Rev. Agro@mb. 2011;5:2:88-96.

MONTANARI, R. et al. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de



cana-de-açúcar. *Pesqui. Agropec. Bras.* 2005;40:1:69-77.

MONTANARI R, et al. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributo físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. *Ver. Bras. Ciênc. Solo.* 2010;34:1811-1822.

MONTANARI, R.; TOMAZ, P.K.; PELLIN, D.M.P. Produção de cana-de-açúcar correlacionada com o teor de fósforo em Mato Grosso do Sul. *Ver. Agric. Neot.* 2014;1:1:1-9.

OLIVEIRA, M.A.; BARBOSA, E.M.; NETO, J.D. Gestão de Recursos Hídricos no Rio Grande do Norte: uma análise da implementação da Política Hídrica. *HOLOS.* 2013;1:3-27.

PIMENTEL-GOMES, F.P. & GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RAIJ, B. Van, et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

SCHLOTZHAVER, S.D. & LITTELL, R.C. SAS System for elementary statistical analysis. 2. ed. Cary, 1997. 905 p.

SHAPIRO, S.S. & WILK. M.B., *Biometrika*, 1965;52:3/4:591-61.

Tabela 1- Análise descritiva inicial de alguns atributos químicos da microbacia Jardim Novo Horizonte em Ilha Solteira, SP.

Atributo ^(a)	Medidas estatísticas descritivas									
	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Probabilidade do teste ^(b)	
			Mínimo	Máximo		Variação (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
Atributos químicos do solo										
MO (g kg ⁻¹)	32,5	28,0	1,0	77,0	18,1	55,8	-36,0	0,66	0,0001	IN
pH (água)	5,6	5,6	4,0	7,0	0,5	10,1	0,4	-0,22	0,1000	NO
K (cmol _c dm ⁻³)	3,0	2,3	0,4	12,0	2,5	82,6	1,7	1,4	0,0001	IN
Ca (cmol _c dm ⁻³)	24,4	20,0	2,0	70,0	15,1	61,9	1,2	1,2	0,0001	IN
Mg (cmol _c dm ⁻³)	23,4	11,0	1,0	90,0	23,9	101,8	0,8	1,4	0,0001	IN
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	20,6	20,0	0,0	38,0	7,3	35,6	0,8	0,17	0,0003	IN
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,36	0,0	0,0	13,0	1,4	377,2	53,8	6,5	0,0001	IN
SB (cmol _c dm ⁻³)	94,3	42,5	6,6	371,1	95,2	101,0	0,3	1,2	0,0001	IN
CTC (cmol _c dm ⁻³)	112,4	63,3	20,8	388,1	93,5	83,1	0,5	1,3	0,0001	IN
V (%)	68,5	69,0	0,0	97,0	20,1	29,3	0,8	-0,85	0,0001	IN
m (%)	1,8	0,0	0,0	37,0	6,6	360,9	17,3	4,2	0,0001	IN

MO = Matéria Orgânica; pH = Potencial Hidrogeniônico; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; H+Al = Acidez Potencial; Al = Alumínio; SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca Catiônica Potencial; V = Porcentagem de Saturação por Bases; m = Saturação por Alumínio; ^(b) DF = Distribuição de Frequência, sendo NO, LN, TN, TL e IN respectivamente do tipo, normal, log-normal, tendendo a normal, tendendo a log-normal e indeterminada.

Tabela 2- Parâmetros dos semivariogramas simples ajustados para alguns atributos químicos da microbacia Jardim Novo Horizonte em Ilha Solteira, SP.

Atributo ^(a)	Modelo ^(b)	Efeito Pepita (C ₀)	Patamar (C ₀ +C)	Alcance (A ₀) (m)	r ²	SQR ^(c)	Parâmetros		Validação cruzada		
							Avaliador da dependência espacial		a	b	r
							ADE ^(d)	Classe			
<i>γ(h) simples dos atributos químicos do solo</i>											
MO (g kg ⁻¹)	gau (211)	86,5 .10	274,7.10	838	0,69	18,5.10 ³	68,5	-	1,23	0,96	0,75
pH (água)	exp (242)	132.10 ⁻³	326.10 ⁻³	807	0,64	11,6. 10 ⁻³	59,4	-	0,37	0,93	0,54
K (cmol _c dm ⁻³)	epp	9,4.10	9,4.10	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca (cmol _c dm ⁻³)	exp (122)	1,02.10 ²	2,14.10 ²	633	0,91	2,56. 10 ⁻³	52	-	2,32	0,90	0,42
Mg (cmol _c dm ⁻³)	epp	5,0.10 ²	5,0.10 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	exp(128)	2,13.10	4,30.10	645	0,77	72,6.10	62,3	-	1,54	0,92	0,50
Al (cmol _c dm ⁻³)	epp	1,79.10 ⁻³	1,79.10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-
SB (cmol _c dm ⁻³)	exp (128)	1,7.10 ³	7,387.10 ³	578	0,63	1,48.10 ⁷	77,0	-	1,36	0,98	0,77
CTC (cmol _c dm ⁻³)	esf(128)	1,5.10 ⁴	7,6.10 ⁴	576	0,62	1,74. 10 ⁷	79,0	-	2,20	0,93	0,78
V (%)	esf(128)	1,06.10 ³	3,03.10 ³	679	0,69	1,48.10 ⁵	64,0	-	2,22	0,96	0,67
m (%)	epp	4,16.10	4,16.10	-	-	-	-	-	-	-	-

^(a) MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC, V%, m são respectivamente o teor de matéria orgânica, pH, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica, índice de saturação por bases, saturação por alumínio; ^(b) esf = esférico, exp = exponencial, gau = gaussiano, epp = efeito pepita puro; ^(c) SQR = soma dos quadrados dos resíduos; ^(d) ADE = avaliador da dependência espacial.

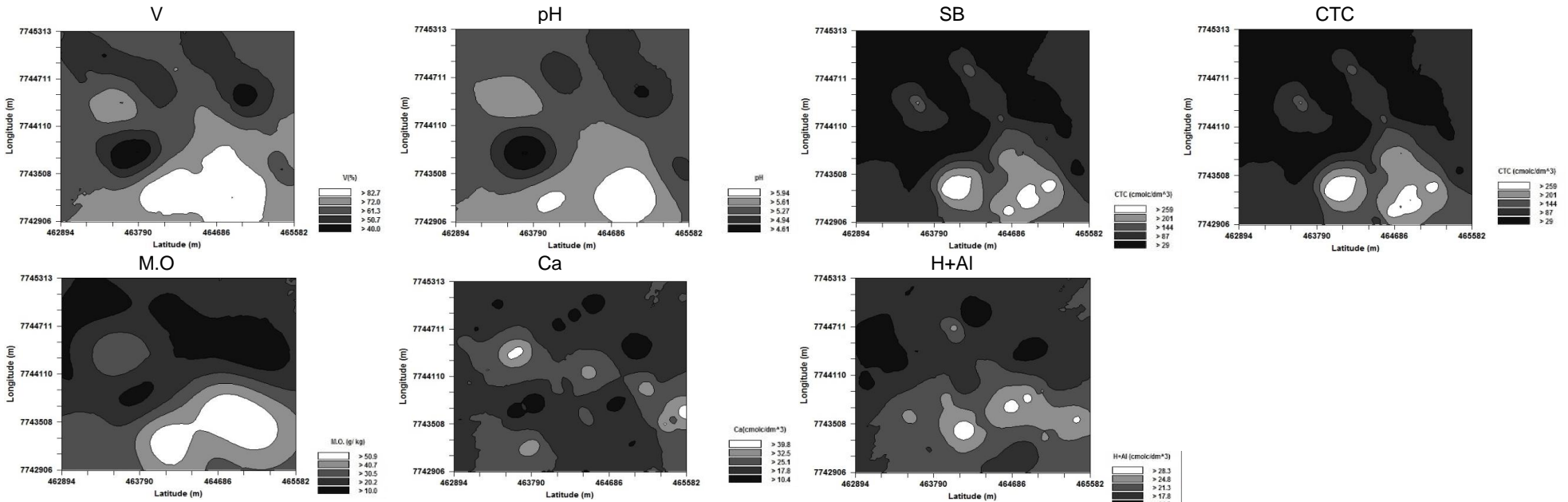


Figura 1- Mapa de variabilidade espacial dos atributos químicos da microbacia Jardim Novo Horizonte em Ilha Solteira, SP.