



Variabilidade espacial da textura do solo em uma área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem na região de Manicoré, AM.

Marcelo Dayron Rodrigues Soares⁽²⁾; Milton César Costa Campos⁽³⁾; Zigomar Menezes de Souza⁽⁴⁾; Ivanildo Amorim de Oiveira⁽⁵⁾; ⁽²⁾Guilherme Adalberto Ferreria Castioni; ⁽⁶⁾ Bruno Campos Mantovanelli⁽⁶⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas- FAPEAM; ⁽²⁾Doutorandos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola -UNICAMP, Campinas, SP;E-mail: marcelo.dayron@gmail.com, ⁽³⁾Professor do Colegiado de Agronomia do IEAA/UFAM, Humaitá – AM. ⁽⁴⁾ Professor do Colegiado de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas, SP. ⁽⁵⁾ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo – FCAV – UNESP, Jaboticabal, SP. ⁽⁶⁾ Acadêmico do Curso de Agronomia do IEAA/UFAM, Humaitá – AM.

RESUMO: Estudos com variabilidade espacial da textura do solo é de suma importância, uma vez que as variações ocorrem em função de diversos fatores, principalmente, do material de origem. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da textura do solo em uma área de terra preta arqueológica sob pastagem, na região de Manicoré, AM. Foi realizado o mapeamento de uma malha amostral com as dimensões de 80 x 56m, espaçamento regular de 08m, com 88 pontos amostrais. Foram coletadas amostras de solos, nas profundidades de 0,00-0,05,0,05-0,10,0,10-0,20 e 0,20-0,30m. Todas as variáveis foram avaliadas por meio da estatística descritiva e geoestatística. Concluiu-se, que todas as variáveis apresentaram dependência espacial, e os valores dos coeficientes de determinação e validação cruzada, ficaram entre 0,75 e 1,00.

Termos de indexação: geoestatística, atributos do solo, Sul do Amazonas.

INTRODUÇÃO

Exceções aos solos ácidos da Amazônia são as Terras Pretas Arqueológicas (TPA) as quais são uma unidade de solo com coloração escura, apresentando fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Kampf & Kern, 2005). Esses solos apresentam elevada fertilidade natural, sendo encontradas em meio à vasta extensão de terras, na grande maioria extremamente pobre em nutrientes.

Em estudo realizado por Campos et al. (2011), na comunidade de Santo Antônio do Matupi no município de Manicoré, AM, averiguaram a dominância da fração areia, nos horizontes antrópicos de todos os perfis estudados. De acordo com kern e Kampf (1989) as TPA's apresentam horizontes bem drenados com textura variando entre

arenosa a muito argilosa. Os fatores e processos de formação do solo interagem de modo diferente, tanto no espaço como no tempo, a natureza da variabilidade identificada pelos estudos georreferenciados das propriedades do solo depende amplamente da escala de observação, da propriedade em questão e da metodologia utilizada (Machado et al.,2006).

O conhecimento dos atributos físicos dos solos, envolvendo principalmente aqueles relacionados com sua distribuição granulométrica e que influenciam diretamente o fluxo superficial e o movimento de água no solo. A aplicação de tecnologia associada à variabilidade espacial e temporal faz-se necessária, sobretudo na pesquisa agrícola que estuda o solo e a sua capacidade produtiva (Grego & Vieira, 2005). A utilização das técnicas geoestatísticas permitem detectar a existência da variabilidade e distribuição espacial dos atributos de solo e de plantas, constituindo assim, importante ferramenta na análise e descrição detalhada do comportamento dos atributos físicos do solo (Carvalho et al., 2002).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da textura do solo em uma área de terra preta arqueológica sob pastagem na região de Manicoré, AM.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região Sul do Estado do Amazonas no município de Manicoré, estando situada sob as coordenadas geográficas de 07° 53' 36,84" S e 61° 23'54,49" O, nas mediações da BR 230, rodovia transamazônica. O clima da região, segundo a classificação de köppen, é do tipo tropical chuvoso, com um período seco de pequena duração (Am), e temperaturas variando entre 25 °C e 27 °C, e com precipitações pluviiais entre 2.250 e 2.750 mm, com chuvas concentradas no período de



outubro a junho, com a umidade relativa do ar entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

Foi realizado o mapeamento de uma área com terra preta arqueológica sob pastagem, com malha amostral de 80 m x 56m. Foram coletadas amostras de solos em espaçamentos regulares de 08 em 08 m (nas profundidades 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) totalizando 88 pontos amostrais, os quais, foram georreferenciados com um equipamento de GPS.

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 minutos, seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

A análise da dependência espacial foi feita por meio da geoestatística (Vieira et al., 1983). Sob teoria da hipótese

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Em que, $N(h)$ é o número de pares de pontos medidos das variáveis regionalizadas $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separadas por um vetor h . O gráfico de $\hat{g}(h)$ contra os valores correspondentes de h , é denominado semivariograma. Do ajuste de um modelo matemático aos valores estimados de $\hat{g}(h)$ são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a), para isto utilizou-se o programa GS+. No ajuste dos semivariogramas, levou-se em consideração o maior coeficiente de determinação e validação cruzada. Para confecção dos mapas de isolinhas utilizou-se o software Surfer versão 8.00

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva da textura do solo são apresentados na Tabela 1. A fração areia foi a dominante em todas as profundidades, fato este, justificável pela natureza grosseira do material de origem oriundos dos arenitos da Formação Içá. Santos et al. (2013), em estudo com caracterização de terras pretas arqueológicas na região Sul do Amazonas, verificou que em 1 dos 7 perfis analisados, houve a predominância de areia. Silva et al. (2012), ao analisarem a mineralogia e geoquímica de perfis de solo com terra preta arqueológica, indicaram a dominância da fração areia, sobre as frações mais finas (silte e argila).

A maior concentração de areia entre as frações texturais é uma característica comum das TPAs,

segundo SMITH (1980) tal característica é oriunda da ocupação antrópica, em que pode ser atribuída à formação de material organomineral estável de tamanho equivalente à areia, o qual resulta da combinação da prática do uso do fogo e do depósito de material orgânico (Teixeira et al., 2009).

Os valores de média e da mediana para todas as variáveis foram similares, tendendo a uma distribuição simétrica. Segundo Lima et al. (2014), valores próximos de média e mediana, atendem às condições de normalidade, ou seja, os valores não são dominados por valores atípicos de distribuição e são mais adequados para uso da geoestatística. Os coeficientes de assimetria e curtose próximos a zero, reforçam a proximidade à simetria na distribuição dos dados. Cortez et al. (2011) ressaltam que a assimetria e curtose servem como indicadores de distribuição dos valores analisados, no qual o ideal é que estes estejam próximos do valor central zero. Os resultados do teste de Komogorov-Smirnov (KS), dos atributos (Tabela 1), apenas o silte, argila na profundidade 0,00-0,05m, areia na profundidade 0,05-0,10m e argila na profundidade (0,20-0,30m) não apresentaram normalidade.

Os atributos texturais apresentaram baixo e médio CV, com destaque para areia que apresentou o menor valor 3%, o silte e argila apresentaram os maiores valores, 19,0% e 33,0% respectivamente. Adotando-se os critérios propostos por Warrick & Nielsen (1980), que consideram os valores do coeficiente de variação entre 12% e 60% como baixa variabilidade e os valores abaixo 12%, como baixa variabilidade e acima 60%, alta variabilidade. Segundo estes autores, 55 um CV indica, quando maior que 60%, uma série mais heterogênea; mesmo assim, inferior a 12% representa uma série mais homogênea.

A análise geoestatística, realizada por meio dos semivariogramas, evidenciou que todas as frações texturais apresentaram dependência espacial, logo, a distribuição no espaço desses atributos não é aleatória (Tabela 2). O alcance da autocorrelação espacial, ou seja, a distância máxima à qual os atributos estão espacialmente correlacionados (Vieira et al., 1983), apresentaram valores maiores que a grade amostral (08x08m), o que evidencia a adequação do espaçamento de amostragem, na caracterização da dependência espacial da área.



Pode-se observar que os valores do alcance obtidos variam de 13,20 a 76,31 m, os quais correspondem aos raios das áreas consideradas homogêneas para cada variável estudada. Desta forma, todos os vizinhos situados dentro de um círculo, com esse raio igual ao alcance, sejam similares e podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles. Observa-se que os atributos que apresentaram 56 menor e maior alcance foram o teor de areia na profundidade 0,05-0,10 m e o silte na profundidade 0,10-0,20 m respectivamente. De modo geral, os maiores alcances para as frações texturais foram observados na profundidade superficial 0,00-0,05 m, quando comparado com a profundidade 0,20-0,30 m.

CONCLUSÕES

Todos os atributos apresentaram dependência espacial, e com alcances maiores que o estabelecido na malha, demonstrando a continuidade espacial.

O uso da geoestatística, possibilitou verificar a distribuição espacial das variáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. C. C. et al. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia*, 70:598-609, 2011.

CORTEZ, J. W. et al. Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:1207-1216, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

KÄMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: TORRADOVIDAL, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M. & SILVA, A.P., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, p.277-320.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológicas na Região de Oriximiná, Pará. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 13:219-225, 1989.

LIMA, G. C. et al. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18:517-526, 2014.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; MACEDO, R. S.; NEVES JUNIOR, A. F.; MOREIRA, A.; BENITES, V. M.; STEINER, C. As propriedades físicas e hídricas dos Horizontes Antrópicos das Terras Pretas de Índio na Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 242-250.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. cap. 2, p.319-344.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Berkeley: University of California, 1983. 75p.

CARVALHO, J. R. P. et al. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1151-1159, 2002.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:169-177, 2005.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561p.

KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (Ed.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, p.277-320.

SMITH, N. J. H. Anthrosol and human carrying capacity in Amazonia. In: *Annals of the association of American Geographers*, 70. Anais Durham, 1980. p. 553-566.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. *Revista Ceres*, 59:271-277, 2012.

SANTOS, L. A. C. et al. Caracterização de terras pretas arqueológicas no Sul do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:825-836, 2013.

MACHADO, R. V. et al. Variabilidade espacial de algumas propriedades físicas em três solos para duas profundidades. *Revista de Ciências*, 5:44-52, 2006.

Tabela 1 – Estatística descritiva da textura em diferentes profundidades, em uma área de terra preta arqueológica sob pastagem na região de Manicoré, AM.

Estatística descritiva	0,00-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
	g kg ⁻¹					
Média	711,13	235,49	51,18	706,28	222,956	71,59
Mediana	711,77	234,64	50,18	711,94	220,94	71,80
Máximo	778,51	333,42	89,92	786,71	319,69	125,28
Mínimo	641,14	165,09	25,72	613,35	144,47	32,28
¹ DP	30,60	31,29	15,11	33,08	34,12	20,46
Variância	936,21	979,29	228,37	1094,58	1164,50	418,77
² CV%	4,30	13,29	29,53	4,68	15,30	28,58
Assimetria	-0,20	0,43	0,57	-0,93	0,51	0,48
Curtose	-0,63	0,90	-0,20	1,11	0,54	-0,14
³ d	0,15*	0,01ns	0,01ns	0,01ns	0,15*	0,15*
	0,10-0,20 m			0,20-0,30 m		
Média	713,76	205,94	73,91	748,59	185,53	64,02
Mediana	715,77	206,21	73,20	747,81	185,04	61,56
Máximo	786,79	276,60	130,36	794,89	267,70	109,24
Mínimo	630,55	112,76	30,94	687,17	99,16	37,44
¹ DP	31,67	34,54	24,66	29,22	36,84	18,73
Variância	1003,54	1193,55	608,41	854,01	1357,62	350,96
² CV%	4,43	16,77	33,37	3,90	19,85	29,25
Assimetria	-0,48	-0,41	0,28	-0,11	0,02	0,50
Curtose	0,40	0,23	-0,11	-0,83	-0,57	-0,74
³ d	0,15*	0,15*	0,15*	0,15*	0,15*	0,01ns

¹DP: desvio padrão; ²CV: coeficiente de variação; ³d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; *significativo a 5 % de probabilidade; ns: não significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos dados da textura do solo em diferentes profundidades de Terra Preta Arqueológica sob pastagem na região de Manicoré, AM.

Parâmetros	0,00-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia
Modelo	Esf	Exp	Esf	Exp.	Esf	Esf
¹ (C ₀)	760	143,58	737	144	155	30
² (C ₀ +C ₁)	1389,87	268,24	1356,44	1309	512,7	1099
³ a (m)	57,29	42,90	42,12	16,20	67,37	13,20
⁴ R ²	0,80	0,75	0,86	0,88	0,98	0,79
⁵ GDE (%)	55	53	54	11	32	3
⁶ VC%	0,98	0,91	0,95	0,87	1,00	0,96
	0,10-0,20 m			0,20-0,30 m		
Modelo	Esf	Esf	Esf	Esf	Exp	Exp
(C ₀)	605	363	499	51	44,4	146
(C ₀ +C ₁)	1497	726,1	1209	1362	351,91	1159
a (m)	76,31	59,90	69,50	15,40	20,70	20,10
R ²	0,98	0,94	0,96	0,64	0,91	0,72
GDE (%)	40	50	41	4	13	13
VC%	0,98	0,99	0,99	0,99	0,95	0,84

Esf.: Esférico; Exp.: Exponencial; ¹ C₀: efeito pepita; C₀+C₁: patamar; a: alcance (m); R²: coeficiente de determinação; GDE%: grau de dependência espacial e; VC: validação cruzada.