

Dependência Espacial dos Componentes da Acidez do Solo em área de Campo Natural na Região Sul do Amazonas ⁽¹⁾.

Felipe da Costa Weckner⁽²⁾; Milton César Costa Campos⁽³⁾; Bruno Campos Mantovanelli⁽⁴⁾; Leandro Coutinho Alho⁽⁵⁾; Romário Pimenta Gomes⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM; ⁽²⁾ Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. e-mail: felipec.weckner@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto II, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, e-mail: mcesarsolos@gmail.com; ⁽⁴⁾ Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. e-mail: brunomantovanelli21@gmail.com; ⁽⁵⁾ Lic. Ciências Agrárias, Msc. em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas – Manaus. e-mail leandro_alho@yahoo.com; ⁽⁶⁾ Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. e-mail: rpgagronomia@gmail.com.

RESUMO: O estudo da variabilidade espacial das propriedades químicas dos solos é particularmente fundamental em áreas onde o solo está submetido a diferentes manejos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dependência espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural da região Sul do Amazonas. Foi realizado o mapeamento de uma área de campo natural, nesta área foi estabelecida uma malha de 70 m x 70 m, de onde que os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento da malha, com espaçamento regular de 10 metros perfazendo um total de 64 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS, em seguida coletadas amostras deformadas de solo nas profundidades 0,0 - 0,20 e 0,40 - 0,60 m perfazendo um total de 128 amostras. Foi determinada a acidez ativa (pH água), determinada potenciométricamente utilizando-se a relação 1:2,5 de solo. A acidez potencial ($Al^{3+} + H^+$) foi determinada por titulação utilizando-se de solução extratora o acetato de cálcio a pH 7,0. O Al^{3+} (acidez trocável) foi determinado por titulação utilizando-se KCl como solução extratora. A análise de dependência espacial foi feita por meio da geoestatística. A partir dos mapas de krigagem possibilitou identificar regiões heterogêneas, o que reforça a necessidade de ampliação da malha amostral.

Termos de indexação: Variabilidade espacial; Humaitá.

INTRODUÇÃO

Os solos, por serem formados pela ação dos fatores material de origem, clima, relevo, organismos e tempo (JENNY, 1941), e manejados de diferentes formas, apresentam grande variabilidade nas suas propriedades, físicas ou químicas, tanto durante um intervalo de tempo quanto em um determinado espaço analisado. Segundo SOUSA (1998), essa variabilidade tem implicações no que diz respeito às fertilizações,

calagem e recuperação dos solos, já que as recomendações técnicas para essas práticas estão baseadas em análises de solo.

A reação do solo em termos de acidez, avaliada pelo pH do solo, influencia, dentre vários processos físicos, químicos e biológicos, a disponibilidade dos elementos químicos existentes no solo e consequentemente, a produção agrícola. Assim, a presença de cálcio, magnésio e alumínio nos solos, em teores variados, está relacionada com a reação do solo. Devido a isto, é necessário conhecer e quantificar as variações dessa reação, tanto horizontal como verticalmente.

O estudo da variabilidade espacial das propriedades químicas dos solos é particularmente importante em áreas onde o solo está submetido a diferentes manejos, pois a geoestatística pode indicar alternativas de manejo não só para reduzir os efeitos da variabilidade do solo na produção das culturas (TRANGMAR et al., 1985), mas também para aumentar a possibilidade de se estimarem respostas dos atributos do solo em função de determinadas práticas de manejo (OVALLES & REY, 1994). Além disso, a eficácia das estratégias de amostragem do solo pode ser aumentada com a incorporação de um modelo de variabilidade espacial (BRUS, 1993).

Além disso, o estudo da dependência espacial apresenta-se como uma alternativa não só para reduzir os efeitos da variação do solo na produção das culturas, mas também, para estimar respostas das propriedades do solo em função de determinadas práticas de manejo, permitindo a redução dos efeitos da variabilidade horizontal e vertical do solo, em muitos casos, pode influenciar na interpretação de seus efeitos (SOUZA et al. 2004). Diante disto o objetivo deste trabalho foi avaliar a dependência espacial da acidez ativa, trocável e potencial em uma área de campo natural na região Sul do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, situada sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 24"S e 63° 04' 56" W. A região apresenta relevo aproximado ao do tipo "tabuleiro", com desníveis muito pequenos e, bordos ligeiramente abaulados (BRAUN & RAMOS, 1959). O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração (Am), temperaturas variando entre 25 e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho e umidade relativa do ar entre 85 e 90% (BRASIL, 1978).

O solo é classificado como Cambissolo Háplico Alítico plíntico segundo (CAMPOS et al., 2010). Foi realizado o mapeamento de uma área de campo natural, nesta área foi estabelecida uma malha de 70 m x 70 m, de onde que os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento da malha, com espaçamento regular de 10 metros, perfazendo um total de 64 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de elevação e em seguida coletadas amostras deformadas de solo nas profundidades 0,0 - 0,20 e 0,40 - 0,60 m, perfazendo um total de 128 amostras.

Na caracterização química do solo foram determinados a acidez ativa (pH água), determinada potenciométricamente utilizando-se a relação 1:2,5 de solo segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

A acidez potencial ($Al^{3+} + H^+$) foi determinada por titulação utilizando-se de solução extratora o acetato de cálcio a pH 7,0 segundo EMBRAPA (1997).

O Al^{3+} (acidez trocável) foi determinado por titulação utilizando-se KCl como solução extratora. A análise da dependência espacial foi feita por meio da geoestatística sob teoria da hipótese intrínseca o semivariograma experimental será estimado pela equação:

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

Para a confecção dos mapas de isolinhas utilizou-se o software Surfer versão 8.00 (Golden Software Inc., 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva das variáveis químicas são apresentados na (Tabela 1).

Os valores das medidas de tendência central (média e mediana) são próximos para todas as variáveis nas duas profundidades analisadas, com isso justificando os valores dos coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero mostrando padrão de distribuição simétrico, os coeficientes de assimetria e curtose são mais sensíveis a valores extremos do que a média, mediana e o desvio padrão, uma vez que um único valor pode influenciar fortemente o coeficiente de assimetria e curtose, pois os desvios entre cada valor e a média são elevados à terceira potência.

Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade para todas as variáveis estudadas, segundo ISAAKS & SRIVASTAVA (1989) mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do chamado efeito proporcional, em que a média e a variabilidade dos dados sejam constantes na área de estudo, o que foi observado, ou seja, ocorre a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística.

Segundo a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick e Nielsen (1980), os valores de CV para a classificação de variáveis do solo ($CV < 12\%$), ($12\% < CV < 60\%$) e ($CV > 60\%$), indicam variabilidade baixa, moderada e alta, respectivamente, e sendo assim às variáveis químicas apresentaram de baixa a moderada variabilidade nas duas profundidades estudadas, respectivamente apresentando baixa variabilidade nos dados para o pH nas duas profundidades e moderada variabilidade para o alumínio trocável e para a acidez potencial.

Os semivariogramas experimentais são apresentados na (Figura 1). Os resultados da análise geoestatística mostram que todos os atributos analisados apresentaram estrutura de dependência espacial. As variáveis de Al^{3+} e pH na profundidade de 0,40 - 0,60 m em estudo ajustaram-se ao modelo esférico, este modelo é considerado transitivo (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989; ASSAD et al., 2003) pois possui patamar, ou seja, a partir de um determinado valor de distância entre amostras, não existe mais dependência espacial entre as mesmas. Apenas a variável Al^{3+} na profundidade de 0,0 - 0,20 m se ajustou ao modelo gaussiano, as demais ajustaram-se ao modelo exponencial concordando com vários outros resultados que indicam que estes modelos são os que mais se ajustam aos atributos do solo (BERTOLANI & VIEIRA, 2001; SOUZA et al., 2004). Segundo a classificação de Cambardella et al. (1994), são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um GDE $\leq 25\%$ do patamar; de dependência espacial moderada,



quando o GDE está entre 25 e 75%, e dependência fraca, quando o GDE é > 75%. A análise do grau de dependência espacial mostrou que todas as variáveis apresentaram dependência espacial fraca, com exceção do Al^{3+} na profundidade de 0,0 – 0,20 e pH na profundidade de 0,40 – 0,60 m.

O alcance (a) indica o limite da dependência espacial da variável, assim, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados. O menor valor de alcance (16,57 m) foi encontrado para a acidez potencial na profundidade de 0,0 – 0,20 m, e o maior valor (98,32 m) foi encontrado para Al^{3+} na profundidade de 0,0 – 0,20 m indicando maior continuidade espacial desta última variável.

Na (**Figura 2**), são apresentados os mapas interpolados por krigagem da distribuição espacial dos atributos químicos. Todos os atributos analisados apresentaram maior continuidade no eixo x e menor no eixo y, essa menor continuidade espacial no eixo y pode estar relacionada com vários fatores, como a pedofoma, a cobertura do solo, o transporte de partículas do solo no escoamento superficial o que é muito comum em áreas não manejadas. Souza et al., (2003) observaram que pequenas variações, na pedofoma condicionam variabilidade diferenciada em relação aos atributos químicos do solo.

CONCLUSÕES

Todos os atributos analisados apresentaram estrutura de dependência espacial de moderada para o Al^{3+} de 0,0-0,20 m e pH água de 0,40-0,60 m a fraca para pH água de 0,0-0,20 m e Al^{3+} de 0,40-0,60 e acidez potencial nas duas profundidades.

A partir dos mapas de krigagem possibilitou identificar regiões heterogêneas, o que reforça a necessidade de ampliação da malha amostral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFAM e a FAPEAM pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

Assad, E.D.; Macedo, M.A.; Zullo Júnior, J.; Pinto, H.S.; Brunini, O. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, n.2, p.161-171, 2003.

BERTOLANI, F.C.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.987-995, 2001.

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

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciari-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). Revista Brasileira de Geografia. v. 21, n. 04, p. 443-497, 1959.

BRUS, D. Incorporating models of spatial variation in sampling strategies for soil. Wageningen, Agricultural University, 1993. 211p. (Tese de Doutorado).

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; OLIVEIRA, I.A. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. Rev. Cienc. Agron., Fortaleza-CE, v. 41, n. 4, p. 527-535, 2010.

CORÁ, J.E.; ARAÚJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERLALDO, M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVACK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO R. F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.58, p.1240-1248, 1994.

Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New-York, 483 p. 4th printing in June 2005.

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p

SOUZA, L. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul 1992. 162p. (Tese de Doutorado)

SOUZA, J.R. Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido Paraibano. 1998. 68f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.491-499, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

JENNY, H. Factors of soil formation. New York: McGraw-Hill, 1941. 281p.

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

OVALLES, F. & REY, J. Variabilidad interna de unidades de fertilidad en suelos de la depresión del Lago de Valencia. *Agron. Trop.*, 44:41-65, 1994.

GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, Estados Unidos). SURFER for Windows: release 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers, user's guide. New York, 1999. 619p.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis de pH em água, acidez potencial e alumínio trocável nas profundidades de 0,0 – 0,20 e 0,40 – 0,60 cm em área de campo natural na região Sul do Amazonas.

Estatística Descritiva	pH	Al ³⁺	Al ³⁺ + H ⁺
	cmol _c dm ⁻³		
Profundidade 0,0 – 0,20 m			
Mediana	5,11	1,40	5,45
Média	5,09	1,47	5,63
DP ^{1/1}	0,19	0,41	1,13
Variância	0,03	0,17	1,28
CV ^{1/2} %	3,78	28,18	20,14
Curtose	- 0,41	1,48	-0,60
Assimetria	- 0,10	1,22	0,32
d ^{1/3}	0,08	0,09	0,07
Profundidade 0,40 – 0,60 m			
Mediana	4,94	3,95	3,95
Média	4,93	3,87	3,87
DP	0,10	1,00	1,00
Variância	0,01	1,00	1,00
CV%	2,04	28,18	28,18
Curtose	0,77	- 0,70	- 0,70
Assimetria	- 0,78	0,06	0,06
d	0,07	0,05	0,10

^{1/1}: Desvio padrão; ^{1/2}: Coeficiente de variação; ^{1/3}: Teste de Kolmogorov Smirnov 5% de probabilidade.

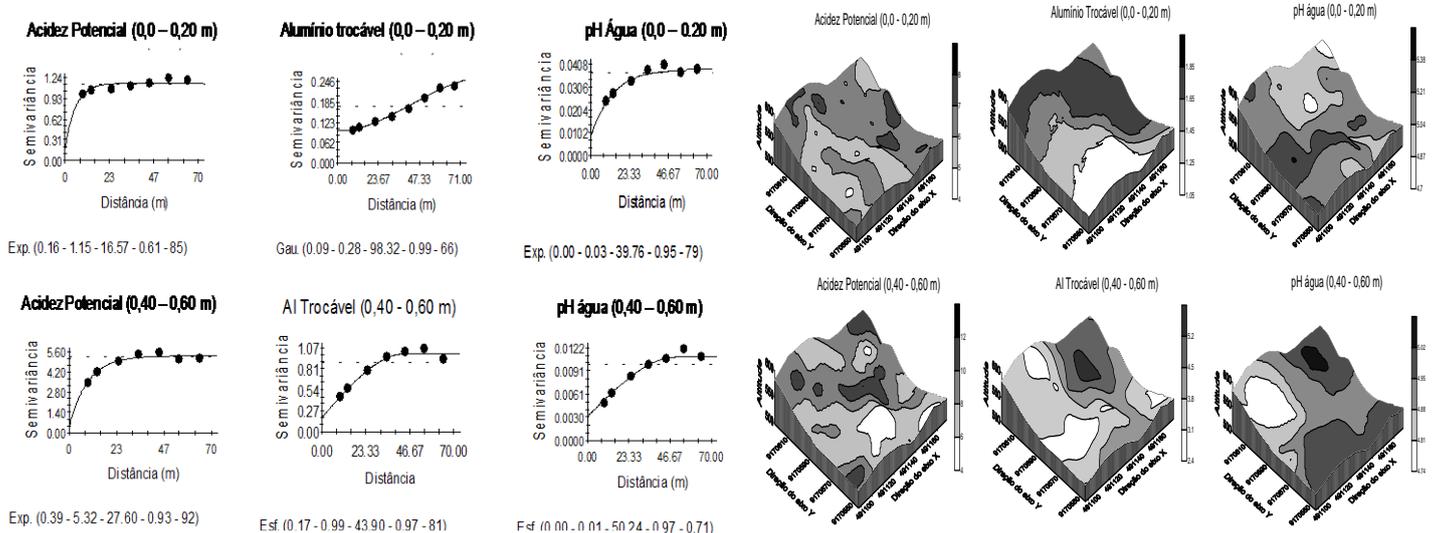


Figura 1: Semivariograma das variáveis de resistência do solo a penetração e umidade do solo nas profundidades de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m em área de campo natural na região Sul do Amazonas. Esf e Exp. (C₀; C₁+C₀; a), Esf = modelo esférico, Exp.= modelo exponencial. C₀ = efeito pepita; C₁+C₀ = patamar; a = alcance.

Figura 2: Mapas de krigagem das variáveis de pH, Al³⁺ e Acidez Potencial em área de campo natural na região Sul do Amazonas.