



Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas

Bruno Campos Mantovanelli¹, Milton César Costa Campos², Leandro Coutinho Alho³, Uilson Franciscon², Mailson Ferreira Nascimento² e Luís Antônio Coutrim dos Santos⁴

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. E-mail: brunomantovanelli21@gmail.com (Autor correspondente).

²Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, AM.

³Instituto Federal do Amazonas, Lábrea, AM.

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

Palavras-chave:

solos amazônicos
geoestatística
cambissolo

RESUMO

Os solos amazônicos são altamente intemperizados e caracterizados por acidez elevada, alta saturação por alumínio e baixa concentração de nutrientes, em função das elevadas taxas de lixiviação. O objetivo deste trabalho é avaliar a distribuição espacial dos componentes da acidez em ambiente de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. A área de estudo localiza-se na região de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, estando situada sob as coordenadas geográficas de (7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W), o solo é classificado como Cambissolo Háplico Alítico plúntico (CXalf). As amostragens de solo foram realizadas entre março e outubro de 2012, respectivamente na área de campo natural, coletados em esquema de malha amostral com dimensões de 70 m x 70 m e espaçamento regular entre os pontos amostrais de 10 m, em duas profundidades de amostragem: 0,0-0,020 m e 0,40-0,60 m. Foram realizadas as seguintes análises químicas: pH em água determinado potenciométricamente pela relação 1:2,5, o alumínio trocável foi determinado a partir de solução extratora de KCl 1mol/L⁻¹ e a acidez potencial extraída com solução de acetato de cálcio tamponada a pH 7,0. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de estatística descritiva e geoestatística. A partir dos valores médios obtidos para os componentes de acidez do solo para a área de campo natural, estes resultados evidenciam a natureza ácida do solo deste ambiente e a possível correlação de uma baixa concentração de bases devido a maior complexação do Al³⁺.

Key words:

amazon soils
geostatistics
inceptsoil

Spatial distribution of soil acidity components in natural area field in the region Humaitá, Amazonas

ABSTRACT

Amazonian are highly weathered soils and characterized by high acidity, high aluminum saturation and low nutrient concentration, due to the high leach rates. The objective of this study was to evaluate the spatial distribution of acidity components in natural field environment in the region of Humaitá, Amazonas. The study area is located in the region of Humaitá, south of Amazonas state, being situated in the geographical coordinates of (7 30 '24 "S and 63° 04' 56" W), the soil is classified as Cambissolo Háplico Alítico plúntico (CXalf). Soil samplings were conducted between March and October 2012 respectively in the natural field area, collected in sampling grid layout with dimensions of 70 mx 70 m and regular spacing between sampling points 10 m, sampled at two depths: 0 , 0 to 0.020 me 0.40-0.60 m. The following chemical analyzes were performed: pH in water potentiometrically determined by the ratio 1: 2.5, the exchangeable aluminum was determined from extraction solution KCl 1 mol / L-1 and the potential acidity extracted with buffered solution of calcium acetate pH 7.0. The results were subjected to analysis of descriptive statistics and geostatistics. From the mean values obtained for the soil acidity components to the natural field area, these results demonstrate the acidic nature of the soil environment and the possible correlation of a low concentration of bases due to the greater complexation of Al³⁺.

Introdução

A região de Humaitá localiza-se ao sul do Estado do Amazonas, em meio a florestas e grandes extensões de campos naturais (aproximadamente 3.418 km²) (Braun & Ramos 1959). Entretanto, esta formação campestre não ocorre de forma contínua, ou seja, apresenta várias unidades isoladas e entremeadas por galerias florestais. Nestes ambientes, pequenas variações na topografia são capazes de promover alterações nos atributos do solo e no nível do lençol freático (Campos et al., 2012) interferindo na fisionomia da vegetação com a presença de formações herbáceas e espécies com caules retorcidos e porte arbustivo, ao passo que, no ambiente de floresta observa-se porte arbóreo com predomínio de palmeiras.

Os solos amazônicos são altamente intemperizados, tendo como característica a acidez e a saturação por alumínio elevadas, e baixa concentração de nutrientes, proveniente das elevadas taxas de lixiviação. As unidades de solos predominantes na região são os Latossolos e Argissolos, com argilas de baixa carga e predomínio de caulinita (Osakada, 2009). A interação entre o alumínio trocável (Al³⁺) e a matéria orgânica (MO) é uma das reações que mais influencia as propriedades dos solos ácidos (URRUTIA et al., 1995). A fração orgânica do solo possui a capacidade de complexar cátions, dentre eles o Al (VANACE et al., 1996).

Estudos realizados por Silva et al. (2006); Silva Júnior et al. (2012); Moline & Coutinho (2015); Mantovanelli et al. (2015) em ambientes naturais apresentam resultados com os baixos valores de pH, altos valores de Al³⁺ e acidez potencial e bases com baixos teores, sendo estes resultados característicos destes solos da região Amazônica. Desta forma as relações entre acidez ativa, trocável e potencial são indicadores para compreender os complexos de reações nestes ambientes de campos naturais, pois apresenta-se como um bom indicativo na avaliação da CTC efetiva e CTC potencial destes solos.

A geoestatística é uma ferramenta que tem sido utilizada de maneira crescente em estudos de ciência do solo, pois há a possibilidade de avaliar o

comportamento dos atributos do solo e a sua variabilidade no espaço. Como no Brasil a aplicação de insumos é baseada em teores médios da fertilidade do solo, os quais estão sujeitos a serem subestimados ou superestimados, o conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, melhorando dessa maneira o controle do sistema de produção das culturas e contaminações ambientais. Desta forma como os ambientes de campos naturais apresentam grande heterogeneidade em seus atributos, a associação desta ferramenta possibilita um levantamento mais detalhado em relação às condições específicas destes ambientes.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar a distribuição espacial dos componentes da acidez em ambiente de campo natural na região de Humaitá, Amazonas.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se na região de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, estando a mesma situada sob as coordenadas geográficas de (7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W) (Figura 1). 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 °C e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 a 2.700 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 plúntico (CXalf), desenvolvido sobre o material geológico formado a partir de aluviões antigos indiferenciados referente ao Holoceno, advindos de dois ciclos de sedimentação: a) bancos arenosos, inferiores, que representa a sedimentação pluvio-fluvial e, b) sedimentos argilosos superiores

de sedimentação lacustre (BRAUN & RAMOS, 1959; CAMPOS et al. 2012).

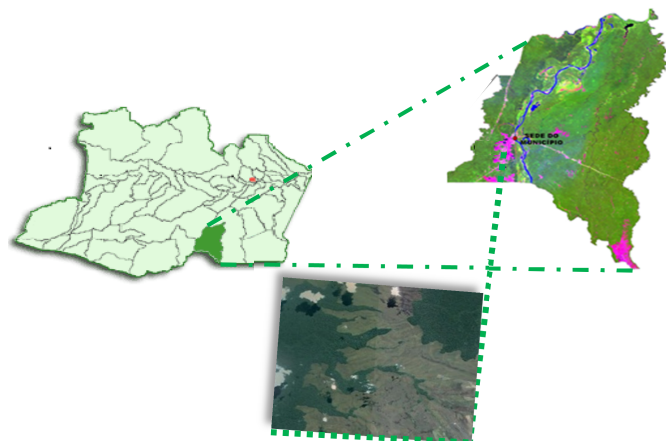


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Humaitá, Amazonas.

As amostragens de solo foram realizadas entre março e outubro de 2012, e coletados em esquema de malha amostral com dimensões de 70 m x 70 m e espaçamento regular de 10 m, em duas profundidades de amostragem: 0,0-0,020 m e 0,40-0,60 m, totalizando 64 amostras por profundidade, perfazendo um total de 128 amostras. Cada ponto amostral foi georreferenciado com aparelho de GPS modelo GPSMAP 76CSx, para a construção do modelo digital de elevação (MDE).

Na caracterização dos componentes da acidez do solo, foram realizadas análises de pH em água o qual foi determinada por potenciometria utilizando a relação 1:2,5 (solo/solução), segundo metodologia (EMBRAPA, 2011).

Para a determinação da acidez trocável (Al^{3+}) foram pesados 10 g de solo e adicionado à solução extratora de KCl (cloreto de potássio), no qual este foi agitado em aparelho horizontal por 5 minutos e deixado em repouso por 16 horas, após este período procedeu-se a extração de uma alíquota de 50 mL para titulação com NaOH 0,0025 mol/l⁻¹, como a concentração de íons H^+ é muito baixa no solo, pode se considerar que a leitura realizada na titulação compreende ao teor de Al^{3+} em $cmol_c dm^{-3}$ (EMBRAPA, 2011).

A acidez potencial ($H + Al$), foi extraída com solução de acetato de cálcio ($Ca (C_2H_3O_2)_2$) a pH

7,0, foram pesados 5 cm^3 de solo e adicionada a solução de $Ca (C_2H_3O_2)_2$ e posteriormente agitada em aparelho horizontal por 15 minutos e após deixada em repouso por 16 horas, após este período procedeu-se a extração de uma alíquota de 25 mL para titulação com NaOH 0,0025 mol/l⁻¹ (EMBRAPA, 2011). Os resultados são expressos em $cmol_c dm^{-3}$ a partir da Equação 1.

$$H^+ + Al^{3+} (cmol_c/dm^3) = (a - b) \times 1,65 \quad (1)$$

em que: a = mL de NaOH gasto na amostra; b = mL de NaOH gasto na prova em branco; 1,65 = fator de correção (eficiência do método).

Após obtenção dos dados, foram realizadas as análise exploratória, calculando-se a média, a mediana, o desvio padrão, o coeficiente de variação, de assimetria e de curtose. O coeficiente de variação (CV) foi calculado com base no critério de Warrick & Nielsen (1980), que classifica o CV como baixo <12%, médio de 12% a 24% e alto >24%. Para a hipótese de normalidade, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para a caracterização da variabilidade espacial, utilizou-se a análise geoestatística. Sob a teoria da hipótese intrínseca, o semivariograma experimental foi estimado pela Equação 2.

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

em que: (h) é o valor da semivariância para uma distância h; N(h), o número de pares envolvidos no cálculo da semivariância; Z(xi), o valor do atributo Z na posição xi; Z(xi+h), o valor do atributo Z separado por uma distância h da posição xi.

Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$ são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e alcance, a). O efeito pepita é o valor da semivariância para uma distância maior do que zero e menor do que a menor distância de amostragem e representa o

componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; e o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (TRANGMAR et al., 1985).

Na determinação da existência ou não da dependência espacial (DE), utilizou-se o exame de semivariogramas, por meio do programa GS⁺ (ROBERTSON, 1998). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o melhor coeficiente de determinação (R^2). Para analisar o grau da dependência espacial (GDE) dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados dependência espacial forte os semivariogramas que têm efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, moderada quando está entre 25% e 75% e fraca quando for maior que 75%.

Resultados e Discussão

Os resultados da estatística descritiva dos componentes de acidez do solo são apresentados na (Tabela 1). As medidas de tendência central (média e mediana) são próximas 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. Conforme a tabela 1, visto que não houve este efeito, ocorre a estacionaridade necessária ao uso da geoestatística. A partir dos valores médios obtidos para o pH nas

camadas avaliadas observou-se uma leve redução em profundidade de 5,09 na camada superficial de 0,0-0,20 m para 4,94 na cama de 0,40-0,60. Esta característica se deve à alta precipitação da região amazônica que causa lixiviação de nutrientes da camada superficial para o restante do perfil do solo (CRAVO et al. 2012). Moline & Coutinho (2015) estudando atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental, encontraram resultados similares para solos de mata nativa, havendo mínima redução do pH em profundidade. Os teores de Al trocável nas duas camadas avaliadas, bem como a acidez potencial (H + Al), foram compatíveis com os baixos valores de pH (Tabela 1) constatados nesse ambiente. Este comportamento do Al trocável pode ser um indicador do efeito do baixo aporte e produção de compostos orgânicos nesse ambiente, que não apresenta capacidade de complexação do Al, o que também foi constatado por (CIOTTA et al. 2002).

Os teores de H + Al foram mais elevados na cama de 0,40-0,60 m apresentando respectivamente 7,49 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ quando comparado a camada superficial de 0,0-0,20 m que indicou valor de 5,63 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Avaliando a H+Al nas profundidades estudadas, ocorreu aumento da H+Al nas profundidades de 0,0-0,20 m e 0,40-0,60 m. Como a acidez potencial do solo, quanto mais elevada, maior será a quantidade de íons H^+ e Al^{+3} que poderão vir para a solução, isto correlacionada com o baixo valor de pH na camada subsuperficial, corroborando assim com resultados obtidos por Souza et al. (2012) avaliando o efeito do gesso nas propriedades químicas do solo. Considerando que o aumento da acidez potencial em profundidade limita a expansão do sistema radicular, dificultando assim o acesso a água e aos nutrientes que se encontram nas camadas mais profundas do solo.

Seguindo a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980), os componentes de acidez apresentaram de baixa a moderada nas duas profundidades estudadas. Apresentando baixo CV para o pH nas duas profundidades e moderado para o alumínio trocável e para a acidez potencial (Tabela 1). Nesse sentido, observa-se que, apesar do CV ser de baixo a alto, ocorre maior predominância de variabilidade

moderada, indicando que neste ambiente acontece moderada heterogeneidade nos componentes de acidez. O CV possibilita comparar a variabilidade entre amostras de variáveis com unidades diferentes,

porém não permite analisar a variabilidade espacial dos atributos do solo e nem o seu padrão espacial.

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 m em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas.

COMPONENTES DE ACIDEZ			
Estatística Descritiva	pH	Al ³⁺	H + Al
			cmol _c dm ⁻³
0,0-0,020 m			
Mediana	5,11	1,40	5,45
Média	5,09	1,47	5,63
DP ¹	0,19	0,41	1,13
Variância	0,03	0,17	1,28
CV ² %	3,78	28,18	20,14
Curtose	- 0,41	1,48	-0,60
Assimetria	- 0,10	1,22	0,32
d ⁽³⁾	0,08	0,09	0,07
0,40-0,60 m			
Mediana	4,94	3,95	7,10
Média	4,93	3,87	7,49
DP ¹	0,10	1,00	2,29
Variância	0,01	1,00	5,27
CV ² %	2,04	28,18	30,63
Curtose	0,77	- 0,70	-0,63
Assimetria	- 0,78	0,06	0,59
d ⁽³⁾	0,07	0,05	0,10

(¹) Desvio padrão; (²) Coeficiente de variação (%); Al³⁺ = alumínio trocável; (³) d= teste de normalidade.

Os semivariogramas experimentais são apresentados na (Figura 2). Os resultados da análise geoestatística mostram que todos os atributos analisados apresentaram estrutura de dependência espacial. Apenas a variável Al³⁺ 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 (SOUZA et al. 2006). As variáveis de Al³⁺ 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.

O efeito pepita constitui-se numa medida importante do semivariograma e indica a variabilidade não explicada, que pode ser devida a erros de medida e microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada Cambardella et al. (1994), e pode ser expresso como percentagem do patamar $((C^0/C^0+C^1) \times 100)$, denominado grau de dependência espacial (GDE). Observou-se um comportamento diferente dos parâmetros geoestatísticos no ambiente em estudo. No geral, os modelos ajustados apresentaram valores bem variáveis de efeito pepita. O menor valor de efeito pepita (EP) é 0,00 para o pH nas duas camadas avaliadas. Isso refletiu em maior descontinuidade entre as amostras, conforme afirmação de Vieira (2000), pois quanto menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelo

atributo que reflete em maior continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior confiança no valor estimado.

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 m e pH na profundidade de 0,40 – 0,60 m. No ambiente estudado, observou-se maior presença de GDE fraca, indicando que este local pode estar sofrendo maior pressão de fatores extrínsecos como como chuva intensa, processos de eluviação de sedimentos. Campos et al. (2013) encontraram DE moderada na maioria dos atributos físicos e químicos estudados na região sul do Amazonas.

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. Os valores de alcance podem influenciar na qualidade das estimativas, uma vez que ele determina o número de valores usados na interpolação. Estimativas feitas com interpolação por krigagem ordinária utilizando valores de alcances maiores, tendem a ser mais confiáveis, apresentando mapas que representem melhor a realidade (CORÁ et al. 2004).

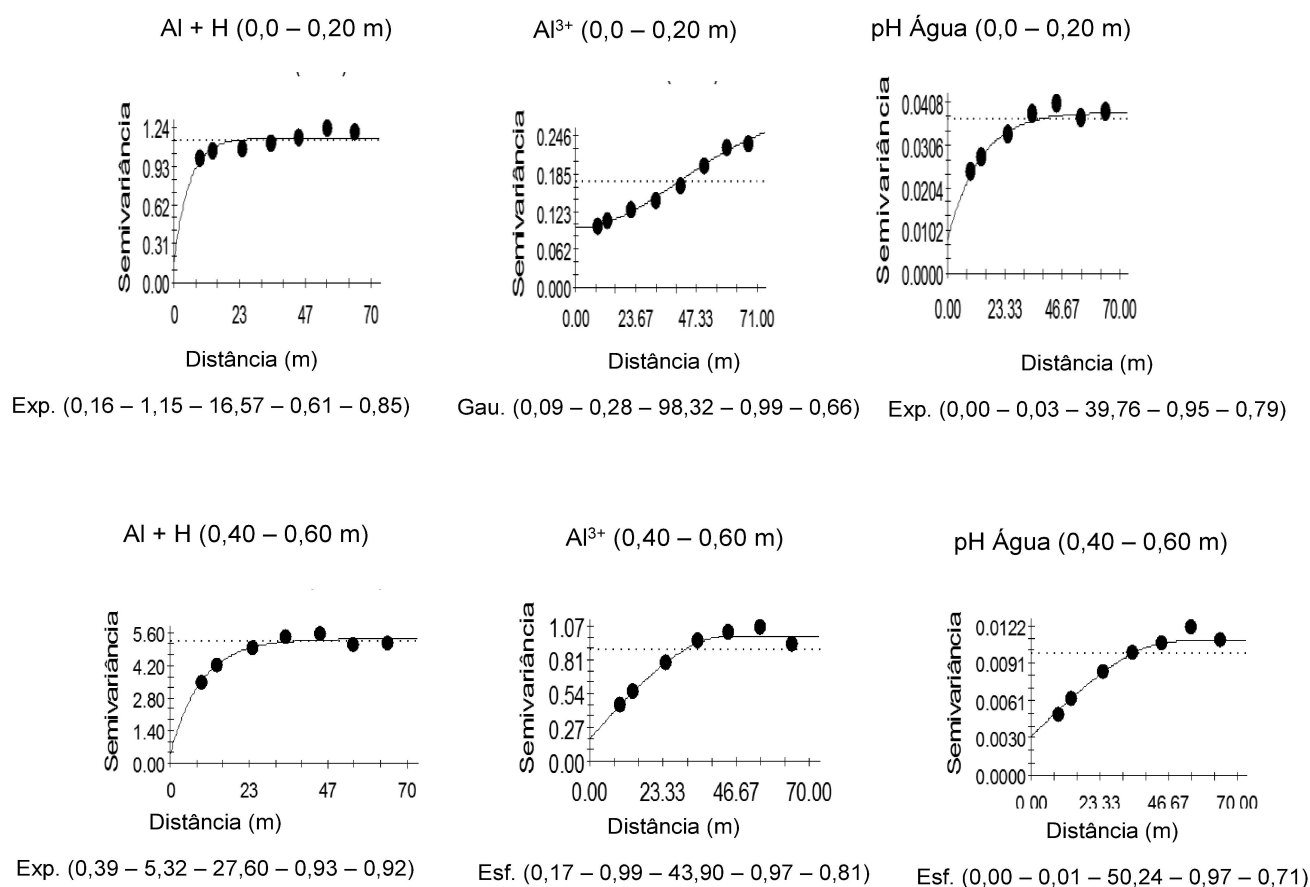


Figura 2. Semivariograma dos componentes de acidez do solo em área de campo natural na região Sul do Amazonas. Esf, Exp e Gau. (C₀; C₁+C₀; a), Esf = modelo esférico, Exp.= modelo exponencial, Gau = modelo gaussiano. C₀ = efeito pepita; C₁+C₀ = patamar; a = alcance.

Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo...

A partir da (Figura 3) são apresentados os mapas interpolados por krigagem da distribuição espacial dos componentes da acidez da área. Desta maneira, possibilitou-se identificar as regiões heterogêneas reforçando a necessidade de ampliação da malha amostral e da densidade dos pontos de forma a caracterizar a variabilidade espacial de todos os atributos da área. 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 pedoforma, 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 pedoforma condicionam variabilidade diferenciada em relação aos atributos químicos do solo. Observou-se baixa amplitude nos atributos químicos analisados, esta baixa amplitude revela que não há a possibilidade de ocorrer erros grosseiros quando se usa a média dos valores. Para qualquer um destes atributos analisados é possível notar que uma amostragem ao acaso, sem levar em consideração o alcance de dependência espacial, falharia em apresentar as variações encontradas.

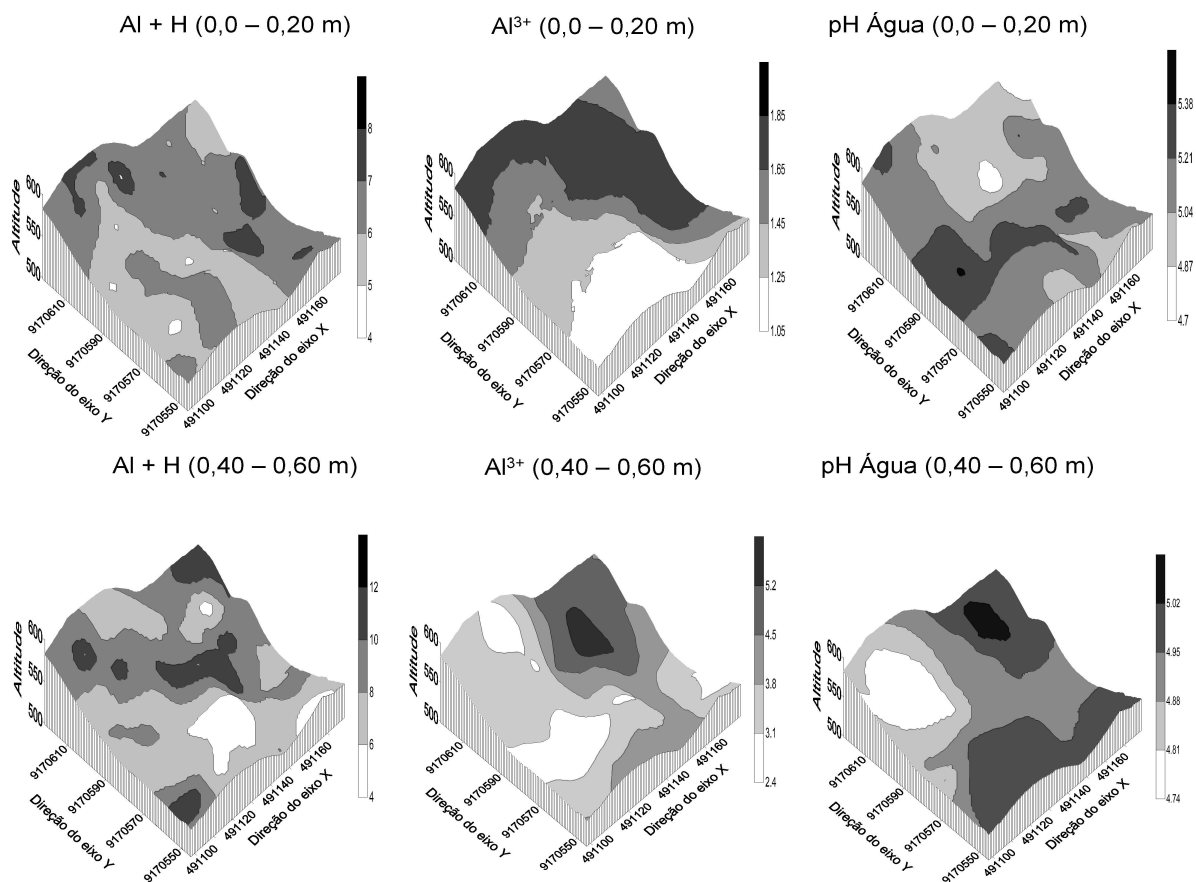


Figura 3. Mapas de krigagem das variáveis de pH, Al³⁺ e Acidez Potencial em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas.

Conclusões

A partir dos valores médios obtidos para os componentes de acidez do solo para a área de campo natural, estes resultados evidenciam a natureza ácida do solo deste ambiente e a possível correlação de uma baixa concentração de bases devido a maior complexação do Al^{3+} .

A partir dos resultados da análise geoestatística, observou-se estrutura de dependência espacial nas variáveis analisadas indicando a possível natureza heterogênea deste ambiente, os modelos esférico, exponencial e gaussiano foram os modelos que melhor ajustaram as estas variáveis químicas.

A partir dos mapas de krigagem possibilitou a inferência da relação do relevo com as possíveis variações dos componentes de acidez no ambiente de estudo, e estes, possibilitaram a melhor visualização da distribuição espacial destas variáveis.

Referências

- ASSAD, E. D.; MACEDO, M. A.; JÚNIOR, J. Z.; 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.221-229, 2003. DOI 10.1590/S0100-204X2003000200001
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, Purus**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, v. 20, p. 56, 1978.
- BRAUN, E. H. G.; RAMOS, J. R. A. 1959. Estudo agroecológico dos campos Puciari-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**, v. 21, p. 443-497, 1959.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Science Society American Journal**, v. 58, n. 3, p. 1501-1511, 1994. [http:// DOI: 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x](http://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x)
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 3, p. 387-398, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000300011>
- CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C.; OLIVEIRA, I. A.; AQUINO, E. A. Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 149-159, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.023>
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; HERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M.V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832002000400023>
- CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERVALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p.1013-1021, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600010>
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 895-908, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000300020>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 2011. 230p.
- ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York : Oxford University, 1989. 561p. DOI:10.1016/0098-3004(91)90055-I
- MANTOVANELLI, B. C.; SILVA, D. A. P.; CAMPOS, M. C. C.; GOMES, R. P.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1822>
- MOLINE, E. F. V. & COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1683>
- OSAKADA A. **Desenvolvimento inicial de sangue-de-dragão (croton lechleri müll. arg.) sob diferentes classes de solos, corretivos e níveis de luminosidade na Amazônia central** (dissertação). Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; 2009.
- ROBERTSON, G. P. 1998. **GS+ Geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell, Gamma Design Software, 152p.
- SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. 2012. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 566-572, 2012.

Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo...

- SILVA, G. R.; SILVA JÚNIOR, M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 151-158, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000200004>
- SOUZA, C. K., MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n. 6, p.1067-1074, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600011>
- SOUZA, F. R.; ROSA JÚNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; ROSA, Y. B. C. J.; ZEVIANI, W. M. 2012. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1717-1732, 2012.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 829-836, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300016>
- TRANGMAR, B. B; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances Agronomy**, v. 38, n. 2 p. 45-93, 1985. [http://DOI:10.1016/S0065-2113\(08\)60673-2](http://DOI:10.1016/S0065-2113(08)60673-2)
- URRUTIA, M.; MACÍAS, F.; GARCÍA RODEJA, E. Evaluación del CuCl_2 y del LaCl_3 como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. **Nova Acta Científica Compostelana (Biología)**, Santiago de Compostela, v.5, p.173-182, 1995.
- VANCE, G. F.; STEVENSON, F. J.; SIKORA, F. J. **Environmental chemistry of aluminum-organic complexes**. In: SPOSITO, G. (Ed.). The environmental chemistry of aluminum. 2. ed. Flórida: Lewis Publishers, 1996. p. 169-220.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E.G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.1-54.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. P. 319-344, 1980.