

## Notas Científicas

# Acidez potencial pelo método do pH SMP no Estado do Amazonas

Adônis Moreira<sup>(1)</sup>, Márcia Pereira de Almeida<sup>(2)</sup>, Danielle Gonçalves Costa<sup>(2)</sup> e Lucilene Silva Santos<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP 69011 970 Manaus, AM. Bolsista do CNPq. E-mail: adonis@cmaa.embrapa.br

<sup>(2)</sup>Embrapa Amazônia Ocidental. Bolsista do projeto Embrapa/PNOPG/CNPq. E-mail: marcia\_palmeida@yahoo.com.br, danielle@cmaa.embrapa.br, lucilene\_santos@yahoo.com.br

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi definir um modelo matemático que estime o H+Al a partir do pH SMP medido em água e em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> nas condições edafoclimáticas locais. Foram utilizadas 246 amostras de solo provenientes de diversas localidades. Mesmo apresentando menor coeficiente de correlação ( $r = 0,89^*$ ), a equação  $H+Al = 30,646 - 3,848pH\ SMP$  obtida em H<sub>2</sub>O foi mais eficiente que a obtida em solução CaCl<sub>2</sub> ( $H+Al = 30,155 - 3,834pH\ SMP$ ,  $r = 0,91^*$ ), a qual subestima os valores da acidez potencial.

**Termos para indexação:** fator edáfico, fator climático, solução-tampão, química do solo, modelo matemático.

## Potential acidity by pH SMP method in Amazonas State, Brazil

**Abstract** – The objective of this work was to determine a mathematic model that estimates the potential acidity with pH SMP measured in water and in solution of CaCl<sub>2</sub> 0.01 mol L<sup>-1</sup>. Two hundred and forty six soil samples from several localities were utilized. Despite presenting a lower correlation coefficient ( $r = 0.89^*$ ), the equation  $H+Al = 30.646 - 3.848pH\ SMP$ , obtained in H<sub>2</sub>O, was more efficient than in the CaCl<sub>2</sub> solution ( $H+Al = 30.155 - 3.834pH\ SMP$ ,  $r = 0.91^*$ ), since this last one underestimates the values of the potential acidity.

**Index terms:** edaphic factors, climatic factors, buffer solution, soil chemistry, mathematical model.

Em decorrência de características edafoclimáticas distintas a cada região, as tecnologias geradas em determinadas localidades nem sempre poderão ser utilizadas em outras condições sem sofrer modificações (Souza et al., 1989).

Foram realizados estudos visando estimar a acidez potencial de diferentes Estados e regiões brasileiras por meio do pH SMP. Vários modelos para estimar a acidez potencial no Estado de São Paulo (Quaggio et al., 1985), região dos cerrados (Souza et al., 1989), nordeste do Estado do Pará (Gama et al., 2002), região do semi-árido nordestino (Silva et al., 2000), noroeste do Estado do Paraná (Sambatti et al., 2003), Estado do Mato Grosso do Sul (Maeda et al., 1997), entre outros, foram propostos.

No Brasil, a determinação da acidez potencial por acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> é usada por grande número de laboratórios. Esse método requer grande quantidade desse reagente por amostra e visualização do indicador durante a titulação é difícil (Pereira et al., 1998). Segundo Raij (1991), outro fator que limita a sua utilização é que ele subestima os valores de H+Al em solos com pH acima de 6,0 por causa do tamponamento deficiente da solução de acetato de cálcio em pH próximo de 7,0.

A estimativa do pH SMP se baseia na adição da solução tampão após a leitura do pH do solo, agitação, repouso e posterior leitura (Quaggio et al., 1985), porém, alguns laboratórios adotam o pH em água (Embrapa, 1997) e outros em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> (Quaggio & Raij, 2001), o que acarreta equações distintas para cada procedimento.

O Estado do Amazonas com 1,6 milhões de km<sup>2</sup> apresenta em torno de 90% de Latossolos e Argissolos distróficos (Vieira & Santos, 1987). As atividades de exploração agrícola não têm feito distinção entre os principais grupos de solos. Conforme Moreira & Malavolta (2002), somente 0,62% dos solos amazonenses apresentam saturação por bases superior a 40% e 77% deles apresentam saturação por Al acima de 50%, o que os distingue dos solos das demais Regiões do País. Na região, os laboratórios utilizam o acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> na determinação da acidez potencial.

O objetivo deste trabalho foi definir um modelo matemático que estime o H+Al a partir do pH SMP medido em água e em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> nas condições edafoclimáticas locais.

O trabalho foi realizado na Embrapa Amazônia Ocidental, localizada no Município de Manaus, AM. Utili-

zaram-se 246 amostras de solos dos municípios de São Gabriel da Cachoeira, Envira, Manaus, Presidente Figueiredo, Manacapuru, Manaquiri, Rio Preto da Eva, Iranduba, Humaitá, Maués, Lábrea, Japurá, Barreirinha, Urucurituba, Parintins, Eurinepé, Careiro da Várzea, Coari, Apuí, Itacoatiara, Tefé, Benjamin Constant e Novo Airão.

Na determinação da acidez potencial, 5,0 dm<sup>3</sup> de terra fina secada ao ar (TFSA) e 75 mL de solução extratora de Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 foram colocados em erlenmeyer de 250 mL. Após agitação por 15 minutos e repouso por 16 horas, retirou-se uma alíquota de 25 mL do sobrenadante e, a seguir, adicionou-se 5 gotas de fenolftaleína a 1% e determinou-se a quantidade de H+Al por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup> (Embrapa, 1997).

Tanto o pH em água como em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> foram determinados na relação solo:solução de 1:2,5 (Embrapa, 1997). A determinação do pH SMP foi feita segundo Quaggio & Raij (2001). Após a leitura do pH, adicionou-se 5,0 mL da solução tampão SMP com a seguinte composição e procedimento analítico: foram transferidos para balão volumétrico de 1 L, 106,2 g de CaCl<sub>2</sub>, 6,0 g de cromato de potássio, 4,0 g de Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O e 5,0 mL de trietanolamina. Posteriormente, foram adicionados 700 mL de água destilada e desionizada; foram dissolvidos 3,6 g de 4-nitrofenol em 200 mL de água aquecida a uma temperatura média de 80°C e, a seguir, essa solução foi transferida para o balão volumétrico, completando o volume com água destilada e desionizada. O pH da solução foi ajustado a 7,5 com 0,1 mol L<sup>-1</sup> de NaOH antes de sua utilização.

Após a adição da solução tampão nos frascos nos quais foram medidos o pH em água e em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, os mesmos foram homogeneizados durante 15 minutos e deixados em repouso por 60 minutos. Na determinação do pH, o eletrodo foi submerso, sem que a suspensão fosse agitada, de modo que esse tocasse ligeiramente na camada sedimentada depositada no fundo do frasco (Quaggio & Raij, 2001).

Realizou-se a análise exploratória dos dados obtidos mediante o uso da estatística descritiva (Costa Neto, 1977). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância, teste F (p≤0,01) e correlação linear (Pimentel-Gomes, 1990).

A análise estatística descritiva revelou que, apesar do alto coeficiente de variação decorrente da

heterogeneidade dos dados, a acidez potencial estimada em H<sub>2</sub>O e em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> apresentam comportamento tendendo a normalidade, o que foi confirmado pela semelhança dos valores obtidos das medidas de posição (média e mediana) (Tabela 1). Os coeficientes de assimetria e curtose dos teores de H+Al extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e estimados pelo pH SMP medidos em água e CaCl<sub>2</sub> ficaram próximos de 0 e 3, o que demonstra distribuição normal dos dados (Ribeiro Junior, 1985).

Os valores de H+Al extraídos por Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup> e os estimados pelo pH SMP determinados em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> variaram de 1,30 a 15,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, de 1,42 a 15,46 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e de 0,00 a 15,38 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As correlações entre acidez potencial e o pH SMP obtido nas duas soluções (água e cloreto de cálcio) foram altamente significativas (p≤0,01). O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o linear, independentemente da solução utilizada (Figura 1). Esse resultado corrobora os obtidos no Estado do Rio de Janeiro (Pereira et al., 1998) e no noroeste do Estado do Paraná (Sambatti et al., 2003). Nas demais regiões, as equações que apresentaram as melhores estimativas da acidez potencial foram a quadrática, a exponencial e logarítmica (Souza et al., 1989; Escosteguy & Bissani, 1999; Silva et al., 2000; Gama et al., 2002; Kaminski et al., 2002).

Tais diferenças estão de acordo com Escosteguy & Bissani (1999), que indicam a necessidade do ajuste de

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos teores de H+Al extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e estimados por SMP em água e por cloreto de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup> das 246 amostras de solo.

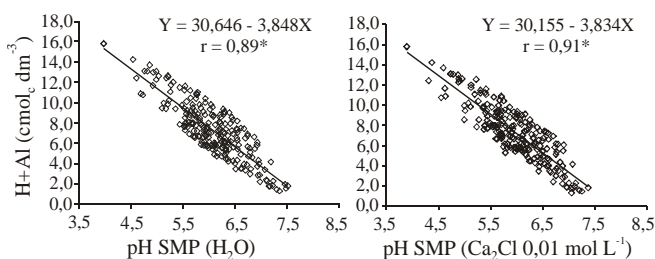
Estatística	H+Al	H+Al	H+Al
	Ca(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	SMP-H <sub>2</sub> O	SMP-CaCl <sub>2</sub>
Média	7,28	7,14	6,18
Mediana	7,20	7,11	6,18
Mínimo	1,30	1,42	0,00
Quartil inf	5,64	5,64	4,21
Quartil sup	8,88	8,60	7,74
Máximo	15,80	15,46	15,38
Variância	7,43	5,75	7,52
Desvio padrão	2,73	2,40	2,74
Assimetria	0,22	0,20	0,33
Curtose	0,08	0,36	0,16
CV (%)	37,50	33,61	44,34

um modelo matemático distinto para cada localidade, em decorrência das diferentes condições edafoclimáticas, como capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica, textura, pH, teor e tipo de argila, entre outros, como é o caso do Estado do Amazonas.

Houve poucos desvios na relação entre os valores estimados em água e os obtidos pela extração com  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  com distribuição de forma aleatória dos erros (Figura 2). Esse resultado, segundo Hoel (1976) e Montgomery & Peck (1992), demonstra que a distribuição dos dados foi adequada; o mesmo não ocorreu com os valores encontrados em relação ao  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , em que cerca de 90% dos valores obtidos foram subestimados, com distribuição dos erros concentrados na parte positiva do eixo Y do gráfico cartesiano. Os erros padrões das estimativas do H+Al foram de 1,43 e 1,76 em relação ao SMP medido em  $\text{H}_2\text{O}$  e em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , respectivamente.

Apesar do maior coeficiente de correlação ( $r = 0,91^*$ ), a utilização da equação  $\text{H+Al (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 30,155 - 3,834\text{pH SMP}(\text{CaCl}_2)$  (Figura 1) estimou valores abaixo dos reais de H+Al, o que pode resultar em erro no cálculo da dose de calcário a ser utilizada. Cerca de 90,0% da capacidade de troca catiônica dos solos amazonenses é proveniente da acidez potencial (Moreira & Malavolta, 2002). Segundo Demattê (1988), esses solos apresentam baixa saturação por bases, com os sítios de troca ocupados quase que exclusivamente por hidrogênio e alumínio.

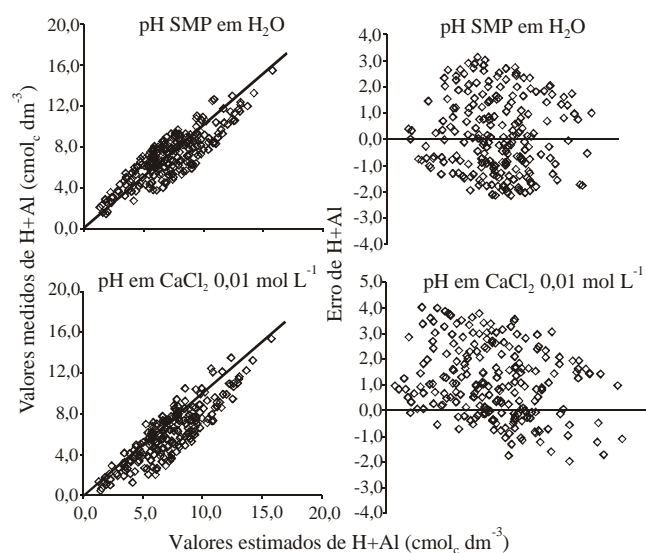
Outro fator que contribui na utilização do pH SMP medido em água para estimar a acidez potencial é o menor custo por amostra, o que pode resultar, conforme



**Figura 1.** Relação entre teores de H+Al extraídos por  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  e pH SMP obtidos em água e  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , ambos na relação solo:solução de 1:2,5. \*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

a demanda do laboratório, numa economia significativa.

Com base nas equações lineares em relação do pH SMP estimados em  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  (Figura 1), foram definidos os valores da acidez potencial em relação às condições edafoclimáticas do Estado do Amazonas (Tabela 2).



**Figura 2.** Relação entre os valores estimados e os medidos de H+Al, e entre os valores estimados de H+Al e o erro de H+Al (diferença entre o valor medido e o estimado). A relação solo:solução usada na medição do pH tanto em água como em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  foi de 1:2,5.

**Tabela 2.** Conversão de valores de SMP medidos em  $\text{H}_2\text{O}$  e solução  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em acidez potencial em solos amazonenses.

pH SMP	H+Al (H <sub>2</sub> O)	H+Al (CaCl <sub>2</sub> )	pH SMP	H+Al (H <sub>2</sub> O)	H+Al (CaCl <sub>2</sub> )
2,8	19,87	19,42	5,4	9,87	9,45
3,0	19,10	18,65	5,6	9,10	8,68
3,2	18,33	17,89	5,8	8,33	7,92
3,4	17,56	17,12	6,0	7,56	7,15
3,6	16,79	16,35	6,2	6,78	6,38
3,8	16,02	15,59	6,4	6,02	5,62
4,0	15,25	14,82	6,6	5,25	4,85
4,2	14,48	14,05	6,8	4,48	4,08
4,4	13,71	13,28	7,0	3,71	3,32
4,6	12,94	12,52	7,2	2,94	2,55
4,8	12,18	11,75	7,4	2,17	1,78
5,0	11,41	10,99	7,6	1,40	1,02
5,2	10,64	10,22	7,8	0,63	0,24

## Agradecimentos

Aos laboratoristas Edilsa Silva Rocha e Emanuel dos Santos Alencar da Embrapa Amazônia Ocidental, pelas análises químicas das amostras de solo.

## Referências

- COSTA NETO, P.L.O. *Estatística*. São Paulo: E. Blücher, 1977. 264p.
- DEMATTÊ, J.L.I. *Manejos de solos ácidos dos trópicos úmidos*: Região Amazônica. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro), RJ). *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; BISSANI, C.A. Estimativa de H+Al pelo pH SMP em solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.175-179, 1999.
- GAMA, M.A.P.; PROCHNOW, L.I.; GAMA, J.R.N.F. Estimativa da acidez potencial pelo método SMP em solos ocorrentes no nordeste paraense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1093-1097, 2002.
- HOEL, P.G. *Elementary statistics*. New York: J. Wiley, 1976. 430p.
- KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; MARTINS, J.R.; SANTOS, E.J.S.; TITSSOT, C.A. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.1107-1113, 2002.
- MAEDA, S.; KURIHARA, C.H.; HERNANI, L.C.; FABRICIO, A.C.; SILVA, W.N. *Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP, em solos do Mato Grosso do Sul*. Dourados: Embrapa Meio Oeste, 1997. 25p. (Boletim de Pesquisa, 3).
- MONTGOMERY, D.; PECK, E.A. *Introduction to linear regression analysis*. New York: J. Wiley, 1992. 527p.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. *Varição das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistema da Amazônia Ocidental (Amazonas)*. Piracicaba: USP-CENA, 2002. 79p. Relatório de pesquisa.
- PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V.; ANJOS, L.H.C. Estimativa da acidez potencial pelo método SMP em solos do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.159-162, 1998.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.181-188.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP – buffer solution to determine lime of soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.16, p.245-260, 1985.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.
- RIBEIRO JUNIOR, P.J. *Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo*. 1995. 99p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- SAMBATTI, J.A.; SOUZA JUNIOR, I.G.; COSTA, A.C.S.; TORMENA, C.A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos em formação cauiá – noroeste do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.257-264, 2003.
- SILVA, C.A.; AVELLAR, M.L.; BERNARDI, A.C.C. Estimativa da acidez potencial pelo pH SMP em solos do semi-árido do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.689-692, 2000.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, p.193-198, 1989.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. *Amazônia*: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.

---

Recebido em 26 de agosto de 2003 e aprovado em 26 de novembro de 2003

