

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 453

18^a Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2023

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Adeney de Freitas Bueno

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Leandro Eugênio Cardamone
Diniz, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Bibliotecária
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2023).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (18. : 2023: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XVIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Bôas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2023.

161 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 453).

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. II.
Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. III. Catharin, Kelly. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa-PR

ALVES, A. C. A. M.¹; GERMANO, M. G.²; ANDRADE, F. A.²; KLEINERT, J. J.²; CASTRO, C. de³; OLIVEIRA JUNIOR, A. de³; OLIVEIRA, F.A. de³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Embrapa Soja, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal;

³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Dentre as ações de manejo do solo, a correção da acidez e manutenção do pH em níveis equilibrados representa um item prioritário e condicional para a melhor exploração da fertilidade do solo pelas plantas e eficiência do uso dos fertilizantes aplicados. A recomendação técnica de corretivos de acidez baseia-se na quantificação da acidez potencial (H+Al), atributo químico determinado pelo tamanho e composição mineralógica e orgânica da fração argila do solo (Oliveira Junior et al., 2020). Para essa quantificação, o método utilizado leva em consideração a atividade dos íons hidrogênio (H⁺) presentes na solução do solo, a presença de elementos químicos de reação ácida (Al³⁺) no solo e, principalmente, a quantidade de íons H⁺ ligados covalentemente à matriz do solo (Bellinaso et al., 2013).

A estimativa da acidez potencial pelo método tampão SMP (Shoemaker et al., 1961), em substituição da determinação do H+Al pelo método do acetato de cálcio (Ca(OAc)₂) 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 (Silva, 2009), vem sendo utilizada no Brasil como o principal método de rotina laboratorial. Seu uso se tornou conveniente porque as suas características de simplicidade e praticidade analítica são de fácil reprodução e, por isso, é amplamente utilizado pelos laboratórios de análise de solos (Rajj et al., 2001; Toledo et al., 2012). Entretanto, o método tampão deve ser calibrado regionalmente com a acidez potencial determinada diretamente para estimar com eficácia o H+Al dos solos.

Inúmeros autores desenvolveram equações de regressão para estimar os valores de H+Al em alguns estados brasileiros e concluíram que o método SMP é de fácil execução, produzindo estimativas com excelente correlação com o teor de H+Al extraído pelo método do acetato de cálcio (Almeida Júnior

et al., 2015). A fim de estabelecer um método oficial para determinar a acidez potencial em um Estado, comumente, faz-se necessário que as curvas de calibração sejam ajustadas para um conjunto que representa todas as classes de interpretação de solos daquele local, abrangendo amostras com grande diversidade de composição mineralógica e proporção da fração orgânica, a exemplo da metodologia aplicada aos solos do Paraná (Pavan et al., 1996).

A região dos Campos Gerais do Paraná é constituída, predominantemente, por rochas da Bacia Sedimentar do Paraná denominadas Arenito Furnas, com presença de folhelhos da Formação Ponta Grossa (Bognola; Fasolo, 2003). As principais classes de solos ocupadas por atividades agrícolas nesta região são os Latossolos, Cambissolos Neossolos Litólicos e Argissolos (Sá, 2007). Este conjunto de solos representa uma menor diversidade em relação às classes de solos de ocorrência no Paraná e, dessa forma, justifica-se a busca por modelos matemáticos de predição da acidez potencial ajustados de forma regional para os Campos Gerais.

O presente trabalho avaliou dois métodos para determinação da acidez potencial do solo, de modo a estimar a correlação entre o método padrão, que utiliza acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0, e o método SMP, para estabelecer uma curva de calibração ajustada para solos da Fazenda Modelo da Embrapa, em Ponta Grossa-PR, que engloba os Latossolos Vermelhos Distróficos e Cambissolos.

Material e Métodos

Área experimental

O estudo foi realizado com 72 amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 - 20 cm (36), de 20 - 40 cm (36), na Fazenda Modelo da Embrapa, localizada no município de Ponta Grossa – PR (25°09'27"S, 50°04'25"O). As coletas foram realizadas com o uso do trado holandês, sem repetições, em diversos pontos de áreas representativas das diversidades edáfica (classes de solos) e de uso agrícola (cultura anual, cultura perene, APP).

Determinação da acidez potencial do solo por Acetato de Cálcio a 0,5 M

Para o controle da qualidade da determinação analítica foi utilizada uma amostra de solo de referência da Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas (CELA-PR). Para a determinação da acidez potencial pelo método de acetato de cálcio foi coletado o volume de 1 cm³ de cada amostra em copos descartáveis de 80 mL. Para cada amostra, foram adicionados 15 mL de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, seguidas de agitação em mesa orbital por 1 minuto a 150 rpm, acompanhadas do branco, e deixadas em repouso durante 18 horas. Após esse tempo, foram retiradas alíquotas de 5 mL, que foram transferidas para copos descartáveis de 50 mL, juntamente com 20 mL de água deionizada e tituladas automaticamente com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹, utilizando-se três gotas de fenolftaleína alcóolica a 10 g L⁻¹ como indicador. O equipamento utilizado para as titulações foi a bureta Metrohm 775 Dosimat, acoplada ao amostrador automático FZ68-TRV (marca Fooze).

Determinação da acidez potencial do solo por SMP

Para cada amostra, foi coletado o volume de 8 cm³ em copos plásticos de 80 mL. Foi preparada uma solução extratora de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, da qual 20,0 mL foram adicionados em cada amostra, submetidas à agitação em mesa orbital durante 15 minutos a 220 rpm e posteriormente mantidas em repouso por 30 minutos. Uma solução SMP foi preparada e verteu-se 4,0 mL da solução SMP em cada amostra, as quais foram agitadas em mesa orbital durante 20 minutos a 220 rpm e deixadas em repouso por uma noite. Na tarde seguinte, foram agitadas por mais 10 minutos a 220 rpm e mantidas em repouso por mais 30 minutos. Em sequência, foi realizada a leitura do potencial hidrogeniônico com medidor de pH de bancada PG-2000 da marca Gehaka.

Tratamento estatístico dos dados

A estimativa da acidez potencial do solo para o conjunto de dados da Fazenda Modelo de Ponta Grossa foi realizada por meio da análise de regressão entre os dados da titulação das amostras com acetato de cálcio e os dados da determinação de pH SMP. Foram utilizados os modelos de regressão linear,

exponencial, logarítmica e polinomial (quadrática), utilizando-se o editor de planilhas Excel (Microsoft) para avaliar o modelo de curva de calibração com melhor ajuste.

Foi utilizado também o teste estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002) para verificar a identidade entre os métodos avaliados. Os resultados obtidos para todas as amostras foram verificados por meio de três testes: (I) $F(H_0)$ para averiguar os estimadores do modelo de regressão linear b_0 e b_1 são iguais a 0 e 1; (II) o teste t, utilizado para o erro médio ($t_{\text{erro médio}}$), que avalia a possibilidade de variáveis que se relacionam na precisão do método em comparação e (III) análise do coeficiente de correlação linear (r_{yiyj}) em comparação ao erro médio [$(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|$]. Com base nessas estatísticas é proposta uma regra de decisão para o teste de hipóteses de identidade entre dois vetores quaisquer, ou seja, grupos de dados quantitativos. Dessa maneira, y_i e y_j são as variáveis em estudo e os métodos comparados são idênticos quando os resultados para os três testes forem:

$$F(H_0) = \text{ns}; t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

$$F(H_0) = *; t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

Resultados e Discussão

Houve correlação significativa entre o valor do pH SMP e valor determinado de acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 0,5 M, para o conjunto de amostras de solos da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa - PR. No entanto, nenhum modelo matemático se destacou por apresentar coeficiente de determinação mais elevado, que variou de 0,326 a 0,397 (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos de regressão para a acidez potencial determinada por Acetato de Cálcio x pH_{SMP} ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa.

Correlação	Equação	R ²
Quadrática	$H + Al = -3,1151 (\text{pH SMP})^2 + 31,846 (\text{pH SMP}) - 71,972$	0,3966
Linear	$H + Al = -3,7532 (\text{pH SMP}) + 29,341$	0,3391
Exponencial	$H + Al = 162,66 e^{-0,536 (\text{pH SMP})}$	0,3362
Logarítmico	$H + Al = -20,92 \ln (\text{pH SMP}) + 44,312$	0,3260

A partir de cada um dos modelos matemáticos de correlação selecionados, foram estimados os valores de H+Al para o conjunto de amostras do estudo e, a seguir, aplicado o teste de avaliação da identidade estatística, proposto por Leite e Oliveira (2002) (Tabela 2), em relação aos valores determinados pelo método do acetato de cálcio 0,5M. Confirmando a hipótese deste trabalho, os valores de H+Al estimados pela curva geral do Estado do PR diferiram significativamente dos valores determinados. Em contrapartida, os valores estimados pelos modelos linear, quadrático e exponencial foram estatisticamente iguais aos valores determinados.

Tabela 2. Estimativa da identidade estatística (Leite; Oliveira, 2002) dos modelos de regressão da H+Al determinada por Acetato de Cálcio x H+Al estimada por pH_{SMP} com os dados ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa em Ponta Grossa, PR.

Modelo	Correlação			
	F(H0)	H+Al Ca(OAc) ₂ x t erro médio	Estimativa H+Al(pHSMP) [(ryiyj) ≥ 1 - erro médio]	R ²
PARANÁ	0,001 ^{ns}	6,421 [*]	SIM	0,9237
Quadrático	0,001 ^{ns}	1,797 ^{ns}	SIM	0,9502
Linear	0,004 ^{ns}	1,955 ^{ns}	SIM	0,9455
Logarítmico	0,004 ^{ns}	2,002 [*]	SIM	0,9444
Exponencial	0,002 ^{ns}	1,053 ^{ns}	SIM	0,9407

O modelo de regressão proposto que teve melhor ajuste foi o de regressão polinomial quadrático, apresentando identidade estatística e o maior coeficiente de determinação para a correlação dos valores determinados x estimados, dentro da faixa de pH SMP analisada (Figura 1). Em relação ao modelo utilizado para os solos do Paraná (Figura 1A), o modelo proposto (Figura 1B) apresenta melhor ajuste para estimar H+Al, representado não apenas pelo $R^2=0,9502$, mas também pelo coeficiente linear (b) de 0,0262 e o coeficiente angular da reta (a) de 0,9499, demonstrando maior similaridade aos valores determinados. A análise visual dos gráficos permite identificar a estimativa de valores discrepantes e a perda de sensibilidade do ajuste do modelo para o Paraná para os valores maiores de pH SMP das amostras, devido ao menor coeficiente angular da reta.

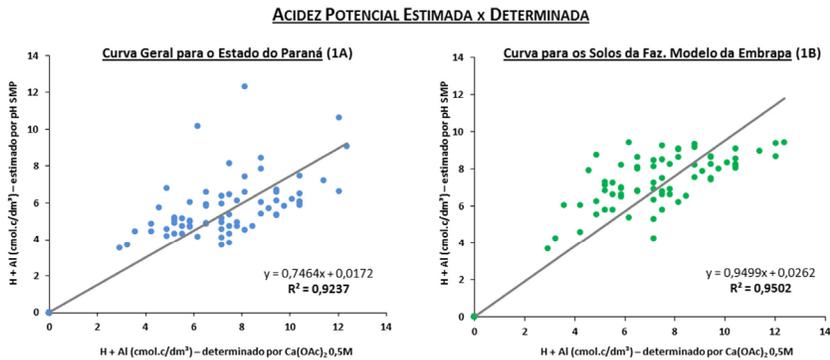


Figura 1. Acidez potencial estimada utilizando-se a curva geral para o Estado do Paraná (A) e acidez potencial determinada a partir da correlação polinomial (quadrática), calculada a partir da equação $H + Al = -3,1151 (\text{pH SMP})^2 + 31,846 (\text{pH SMP}) - 71,972$, para os solos da Fazenda Modelo da Embrapa, em Ponta Grossa-PR (B).

Conclusão

O modelo matemático de regressão polinomial quadrático apresentou identidade estatística e o melhor ajuste para estimar a acidez potencial do conjunto de dados analisados. O coeficiente angular do modelo selecionado aproxima-se de 1, indicando que o mesmo pode ser utilizado em substituição à Curva Geral para o Estado do Paraná para a estimativa da acidez potencial das amostras de solo da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa.

Referências

- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, F. M. R. Potential acidity estimated by the pH SMP method in soils of the State of Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 767-773, 2015.
- BELLINASSO, R. J. S.; GONZATTO, R.; KAMINSKI, J.; SANTANNA, M. A.; TOLEDO, J. dos A.; PICCIN, R. Estimativa da acidez potencial pelo método de acetato de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo: para quê e para quem: anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4 p.
- BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Relatório final do contrato de cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e o IAPAR para o mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo, Ponta Grossa / PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 25 p.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test identity between analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L.; MIYAZAWA, M. Determinação indireta da acidez extraível do solo (H + Al) por potenciometria com a solução-tampão SMP. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 39, p. 307-312, 1996.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

SÁ, M. F. M. **Os solos dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 6, p. 73-83.

SHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amount of extractable aluminum. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 25, p. 274-277, 1961.

SILVA, F. C. da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

TOLEDO, J. dos A.; KAMINSKI, J.; SANTANA, M. A.; SANTOS, D. R. dos. Tampão Santa Maria (TSM) como alternativa ao tampão SMP para medição da acidez potencial de solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 427-435, 2012.