

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

DOCUMENTOS 446

XVII 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
2022***

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
Alvadi Antonio Balbinot Junior

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, Liliane Márcia Mertz-Henning,
Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira, Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2022).

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 (17. : 2022: Londrina, PR).
Resumos expandidos [da] XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Boas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2022.
155 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 446).

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.)

Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos basálticos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja

TONANI, V. H. V.¹; MACHADO, T. G. de J.²; GERMANO, M. G.³; KLEINERT, J. J.³, OLIVEIRA JUNIOR, A.³; OLIVEIRA, F. A. de³; CASTRO, C. de³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina-PR, victortonani@gmail.com; ²UTFPR, Bolsista FAPED; ³Embrapa Soja.

Introdução

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores de *commodities* agrícolas do mundo, tendo números consistentes sobre a produção de soja, café, milho, entre outros grãos. Principal produto agrícola do país, a soja somou uma produção de 124 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.032 kg ha⁻¹ e exportações que ultrapassam 70 milhões de toneladas (Conab, 2022). Nos últimos anos o rendimento da soja no Brasil tem crescido não só em função do maior potencial produtivo das cultivares, mas também pela melhoria do ambiente produtivo, com destaque para o manejo do solo (Oliveira Junior et al., 2020).

Um dos aspectos mais importantes para uma agricultura sustentável é o conhecimento da fertilidade do solo, além de suas características e limitações, para que intervenções sejam realizadas da maneira mais racional possível, evitando-se os desequilíbrios ambientais. A ferramenta mais importante para a adequada avaliação da fertilidade do solo é a análise química das diversas variáveis que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os valores obtidos para cada variável são indicativos do potencial de sucesso dos futuros plantios e possibilitam a indicação de medidas corretivas para a fertilidade do solo (Prezotti; Guarçoni, 2013).

Dentre as ações de manejo do solo, imprescindíveis para o sucesso agrícola, a correção da acidez e manutenção do pH do solo em níveis equilibrados representa um item prioritário e condicional para a melhor exploração da fertilidade do solo pelas plantas e eficiência de 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). A acidez potencial representa a capacidade tampão do solo de resistência à mudança de pH. Para tal quantificação, utilizam-se métodos que consideram a atividade de íons hidrogênio (H^+), a presença de elementos químicos de reação ácida no solo (Al^{3+}) e a quantidade presente desses íons ligados covalentemente à matriz do solo (Bellinaso et al., 2013).

No Brasil, utiliza-se a solução tampão SMP ou acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 para a estimativa da acidez não trocável e trocável (potencial). A utilização do método padrão de acetato de cálcio 0,5 M (titulação colorimétrica) para a determinação de acidez potencial do solo apresenta algumas limitações, tais como: a difícil visualização do ponto de viragem do indicador durante a titulação, o elevado volume de solução extratora utilizado por amostra, o que resulta num aumento do custo da análise, elevado tempo de operação, dificultando a reprodutibilidade segura do processo. 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 e produz estimativas com excelente correlação com o teor de $H + Al$ extraído pelo método do acetato de cálcio (Almeida Júnior et al., 2015). Assim, a partir de estudos regionalizados de calibração, vários Estados adotaram a solução tampão SMP (titulação potenciométrica) como método oficial. Apesar de ter sido inicialmente desenvolvido para determinar a necessidade de calagem, este método vem sendo amplamente empregado devido a sua praticidade, baixo custo e eficiência (Sambatti et al., 2003).

Para o estabelecimento como método oficial de determinação da acidez potencial em um Estado, em geral, as curvas de calibração precisam ser 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 fazenda experimental da Embrapa Soja, no entanto, apresenta grande uniformidade de solos, cujo material de origem é o basalto. Assim, 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 (Silva, 2009), e o método SMP (Shoemaker et al., 1961), para estabelecer uma curva de calibração ajustada para solos basálticos, que engloba os Latossolos Vermelhos férricos e Nitossolos.

Material e Métodos

Área experimental

O estudo foi realizado com 123 amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 - 10 cm (41), de 0 - 20 cm (41) e de 20 - 40 cm (41) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada na cidade de Londrina - PR (23°11'01"S, 51°10'36"O). As coletas foram realizadas com uso de trado holandês, sem repetições, em diversos pontos de áreas cultivadas e não cultivadas, coincidentes com os perfis complementares utilizados para o Levantamento e Classificação de Solos da Fazenda Santa Terezinha (Rauen; Potter, 1988).

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

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 padrão de acetato de cálcio 0,5M, foi coletado o volume de 5 cm³ de cada amostra, a seguir transferidas para erlenmeyers de 125 mL. Para cada amostra, foram adicionados 75,0 mL da solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, seguidas de agitação manual e repouso por aproximadamente 18 horas, acompanhadas do branco. Após o período de repouso, foram retiradas alíquotas de 25 mL, que foram transferidas para erlenmeyers de 125 mL e tituladas automaticamente com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹, utilizando três gotas de fenolftaleína alcoólica a 10 g L⁻¹. O equipamento utilizado para as titulações foi a bureta Metrohm 775 Dosimat (Figura 1), acoplada ao amostrador automático FZ68-TRV (marca Fooze).



Figura 1. Bureta Metrohm 775 Dosimat acoplada ao Amostrador Automático Fooze FZ68-TRV

Determinação da acidez potencial do solo por SMP

Para cada amostra, foi coletado o volume de 8 cm³, a seguir transferidos para copos plásticos descartáveis de 80 mL. Uma solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ foi preparada, em cada amostra foram adicionados 20,0 mL da solução extratora, agitadas em mesa orbital durante 10 minutos a 220 rpm e mantidas em repouso por 30 minutos. Uma solução SMP foi preparada e verteu-se 4,0 mL da solução SMP em cada amostra, estas foram agitadas em mesa orbital durante 20 minutos por 220 rpm e deixadas em repouso por uma noite. Na manhã seguinte, foram agitadas por mais 10 minutos e mantidas em repouso por mais 30 minutos e 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 de acidez potencial do solo para os dados da Fazenda Experimental da Embrapa Soja foi realizada por meio da análise de regressão entre os dados da titulação das amostras com Acetato de Cálcio e os dados de 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 do 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:

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

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

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 os solos basálticos da fazenda experimental da Embrapa Soja. Os modelos matemáticos apresentaram correlação superior a 0,7 (Tabela 1), indicando ajuste adequado para a faixa de variação de acidez potencial destas classes de solo.

| Correlação | Equação | R ² |
|-------------|--|----------------|
| Polinomial | $H + Al = -0,689(\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$ | 0,7891 |
| Linear | $H + Al = -3,136 (\text{pH SMP}) + 24,169$ | 0,7823 |
| Logarítmica | $H + Al = -19,84 \ln (\text{pH SMP}) + 40,895$ | 0,7766 |
| Exponencial | $H + Al = 840,58e^{-0,839(\text{pH SMP})}$ | 0,7209 |

Tabela 1. Modelos de regressão ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja com suas respectivas equações e coeficientes de determinação.

A equação polinomial quadrática apresentou a maior correlação entre o H + Al e o pH SMP, com coeficiente de determinação (R²) de 0,7891 (Figura 2). Com a equação $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$ foi

possível estimar a acidez potencial para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

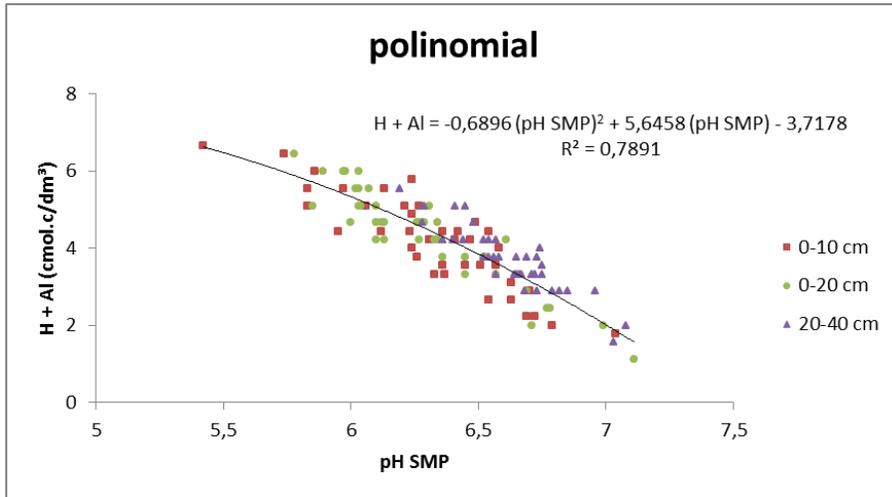


Figura 2. Relação entre acidez potencial (H + Al) extraídos com acetato de cálcio e pH SMP para solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina-PR, 2022.

O teste proposto por Leite e Oliveira (2002) demonstrou que houve identidade estatística entre os métodos pH SMP e acetato de cálcio, tanto para a acidez potencial estimada utilizando-se a curva geral para o Estado do Paraná (Figura 3A), quanto para a acidez potencial determinada a partir da correlação polinomial (quadrática), calculada a partir da equação $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$ (Figura 3B), ambas com nível de significância de 1% e 5%, com valores de R^2 de 0,9779 e 0,983, e coeficiente angular (a) de 0,9102 e 0,983, respectivamente. O teste demonstrou que os métodos apresentam equivalência e linearidade dentro da faixa de teores de acidez potencial analisada. A análise visual dos gráficos permite identificar a perda de sensibilidade do ajuste do modelo para o Paraná para os valores extremos de pH SMP das amostras. No entanto, o modelo específico para os solos de basalto manteve a linearidade e a precisão para todas as amostras, mesmo para os valores extremos de pH SMP.

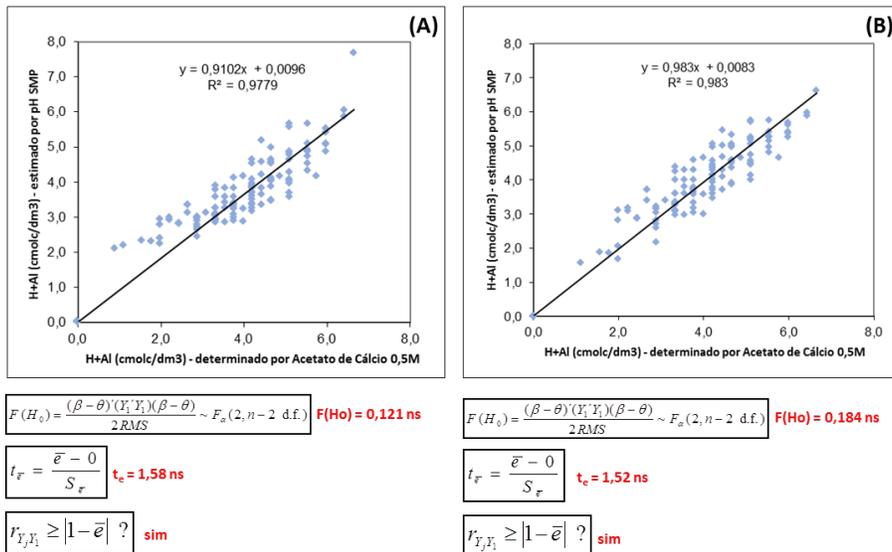


Figura 3. Modelos de regressão linear ajustados para as metodologias de determinação de acidez potencial, sendo o eixo x correspondente à determinação via acetato de cálcio 0,5M, e eixo y para a estimativa por pH SMP para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

Conclusão

O método do pH SMP pode ser utilizado para avaliação indireta da acidez potencial dos solos basálticos, com vantagens operacionais em relação à determinação por acetato de cálcio 0,5 M. O modelo matemático de regressão polinomial quadrático apresentou os maiores indicadores de ajuste estatísticos para os dados analisados. A acidez potencial (H + Al) das amostras de solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja deve ser estimada pelo método da solução tampão SMP, empregando-se a equação de regressão polinomial específica $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$, que apresentou elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,7891$) e ausência de erros sistemáticos de predição.

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.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 9, safra 2021/2022, n. 9, nono levantamento. Brasília, DF: Conab, jun. 2022. 99 p.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T de. Statistical procedure to test identify 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.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: INCAPER, 2013. 104 p.
- RAUEN, M. de J.; POTTER, R. O. **Levantamento detalhado dos solos da área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Londrina - PR**. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS / Coordenadoria Regional Sul do SNLCS, 1988.
- 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 da formação Caiuá - noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 257-264, 2003.
- 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.