

## Determinação de pH em cloreto de cálcio e pH SMP por meio de método com volume reduzido de solo e potenciômetro multi-eletrodo

Carlos Hissao Kurihara<sup>(1)</sup>; Matheus Marques Dias<sup>(2)</sup>; Carlos Fabiano Capato<sup>(3)</sup>; Gislaine Gomes Lázari<sup>(4)</sup>; Marcos André Cordeiro Lopes<sup>(5)</sup>; William Marra Silva<sup>(6)</sup>.

<sup>(1)</sup> Pesquisador; Embrapa Agropecuária Oeste; Dourados, MS; carlos.kurihara@embrapa.br; <sup>(2)</sup> Estudante de graduação em Química; Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul; <sup>(3)</sup> Estudante de graduação em Ciências Biológicas; Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul; <sup>(4)</sup> Estudante de graduação em Tecnologia em Produção Agrícola; Centro Universitário da Grande Dourados; <sup>(5)</sup> Analista; Embrapa Caprinos e Ovinos; <sup>(6)</sup> Analista; Embrapa Agropecuária Oeste.

**RESUMO:** Comumente, a acidez potencial é estimada a partir do pH SMP, após determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , método que se caracteriza pela sua simplicidade e rapidez, associado ao baixo custo e elevada eficiência. O objetivo deste estudo foi avaliar alternativas para esta determinação, visando agilizá-la, associada à diminuição dos resíduos gerados nas análises. Em delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial  $31 \times 2 \times 2$ , em três repetições, realizaram-se determinações analíticas em 31 amostras de solos distintos, usando-se dois métodos (padrão e reduzido), e dois tipos de equipamentos (eletrodo simples e multi-eletrodo). Constatou-se haver diferença ínfima entre o valor de pH  $\text{CaCl}_2$  e SMP no método padrão em relação ao método proposto com menor volume de solo e soluções. Verificou-se também, que as diferenças nos valores determinados com o uso de eletrodo simples ou múltiplo, apesar de significativas, apresentam pequena relevância em termos agronômicos. Conclui-se que há viabilidade na adoção do método com uso reduzido de reagentes, associado ou não ao uso de potenciômetro multi-eletrodo. Isto permitirá maior agilidade na determinação analítica associada à menor geração de resíduos. Estabeleceu-se modelos de regressão que permitem a estimativa de valores de pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP obtidas nos diferentes métodos e equipamentos avaliados.

**Termos de indexação:** análise de solo, pH SMP, medidor múltiplo de pH.

### INTRODUÇÃO

Os solos agricultáveis brasileiros, em sua maioria, são originalmente ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo necessárias práticas para a sua correção. Para a estimativa da quantidade de corretivo agrícola necessária para a neutralização da acidez do solo, normalmente utiliza-se o método da saturação por bases, visando elevá-la a um valor pré-determinado, que varia de acordo com a tolerância da espécie vegetal aos efeitos tóxicos do

alumínio trocável. No cálculo da necessidade de calagem, pelo método da saturação por bases, a quantidade de corretivo agrícola varia diretamente com a acidez potencial estabelecida para o talhão de lavoura a ser cultivado. Comumente, essa acidez é estimada a partir da solução-tampão SMP após determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , método que se caracteriza pela sua simplicidade e rapidez, associado ao baixo custo e elevada eficiência (Maeda et al., 1997).

O objetivo deste estudo foi avaliar alternativas para a determinação analítica do pH em cloreto de cálcio, visando tornar esta prática ainda mais ágil e menos geradora de resíduos tóxicos.

### MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial  $31 \times 2 \times 2$ , em três repetições. Em 31 amostras de solos representativos das principais áreas agrícolas de Mato Grosso do Sul, realizaram-se determinações analíticas de pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP, usando-se dois métodos (padrão e reduzido) e dois tipos de equipamentos (eletrodo simples e multi-eletrodo).

O método padrão consistiu no uso de frascos de snap-cap com 10 mL de solo; no método reduzido, utilizou-se frascos com 5 mL de solo, conforme Capato et al. (2012). Os equipamentos avaliados apresentavam um (simples) ou dez eletrodos de vidro (múltiplo), carregados com solução saturada de KCl (Figuras 1 e 2).

No mesmo frasco onde foi determinado o pH  $\text{CaCl}_2$ , determinou-se o pH SMP pela adição de 5 mL (método padrão) ou 2,5 mL (método reduzido) da solução tampão, após agitação por 15 minutos a 220 rpm.

Os valores médios de pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP obtidos nas 31 amostras de solo avaliadas, usando-se os dois métodos e os dois tipos de equipamentos mencionados, foram comparados por meio de Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Também efetuou-se ajuste de modelo de regressão linear para os valores destas duas variáveis, obtidas nas diferentes

amostras de solo, no intuito de se comparar a eficácia do método reduzido em relação ao padrão e do potenciômetro multi-eletrodo em relação ao simples.



Figura 1 – Medidor simples de pH



Figura 2 – Medidor Múltiplo de pH

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na média das 31 amostras de solo analisadas, constatou-se que a determinação de pH  $\text{CaCl}_2$  não foi influenciada significativamente pela alteração no volume de solo, sendo que o método reduzido resultou em valores muito próximos ao observado com o padrão (Tabela 1). Já o uso do eletrodo múltiplo resultou em valor de pH  $\text{CaCl}_2$  significativamente menor ao obtido com o potenciômetro simples, quando se usa o método padrão. Esta diferença, no entanto, de 0,04 unidades, correspondente a 0,8 % de variação, embora estatisticamente significativa, não tem reflexos consideráveis em termos de interpretação para fins agrônômicos. Salienta-se, ainda, que esta diferença torna-se ainda menor (0,01 unidade, equivalente a uma variação de 0,2 %) quando a determinação analítica é feita com volume reduzido de solo (Tabela 1).

**Tabela 1** – Valores de pH  $\text{CaCl}_2$  determinados em 31 amostras de solo, por meio de dois métodos analíticos (padrão e reduzido) e leitura em peagâmetro com eletrodo simples e múltiplo.

	Eletrodo		Média
	Simple	Múltiplo	
Método padrão	4,92 Aa	4,88 Ab	4,90 A
Método reduzido	4,91 Aa	4,90 Aa	4,91 A
Média	4,92 a	4,89 b	
CV (%)	1,39		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

O pH SMP determinado pelo método reduzido resultou em valores estatisticamente superiores em relação aos verificados com o método padrão, independente do tipo de eletrodo utilizado (Tabela 2). Por outro lado, o uso de eletrodo múltiplo implicou em valor significativamente superior desta variável quando associado ao método com menor volume de solo analisado. Em ambos os casos, porém, a magnitude das diferenças de valores, embora significativas ao nível de 5 % de probabilidade, não resultam em alterações na interpretação da análise de solo, especificamente em relação à estimativa da acidez potencial.

Neste contexto, é lícito inferir-se como válida a determinação pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP pelo método reduzido, associado ou não ao uso de potenciômetro multi-eletrodo. Isto permitirá maior agilidade na determinação analítica, associada à menor geração de resíduos, o que é particularmente importante para o pH SMP, cuja solução extratora contém p-nitrofenol e cromato, compostos tóxicos e carcinogênicos, que não podem ser descartados diretamente ao meio ambiente.

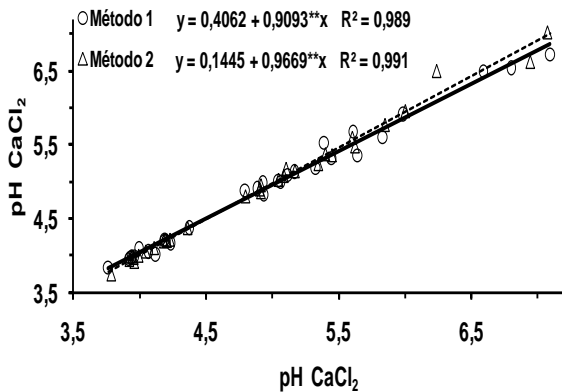
**Tabela 2** – Valores de pH SMP determinados em 31 amostras de solo, por meio de dois métodos analíticos (padrão e reduzido) e leitura em peagâmetro com eletrodo simples e múltiplo.

	Eletrodo		Média
	Simple	Múltiplo	
Método padrão	6,31 Ba	6,31 Ba	6,31 B
Método reduzido	6,32 Ab	6,33 Aa	6,32 A
Média	6,31 b	6,32 a	
CV (%)	0,44		

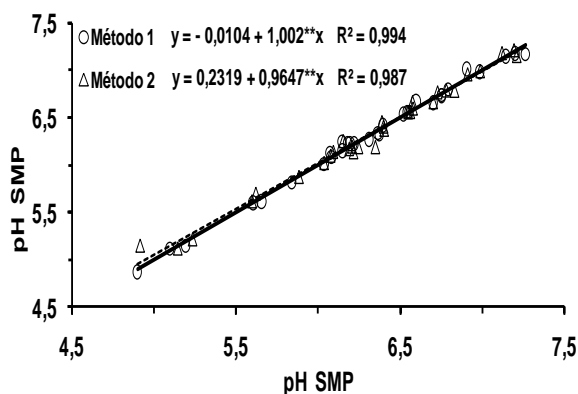
Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Nas Figuras 3 e 4, são apresentadas as equações de regressão linear para pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP, respectivamente, determinados pelo potenciômetro multi-eletrodo em função dos valores destas mesmas variáveis determinados pelo potenciômetro mono-eletrodo, considerando-se os dois métodos analíticos (padrão e reduzido). E nas Figuras 5 e 6, são apresentados os modelos

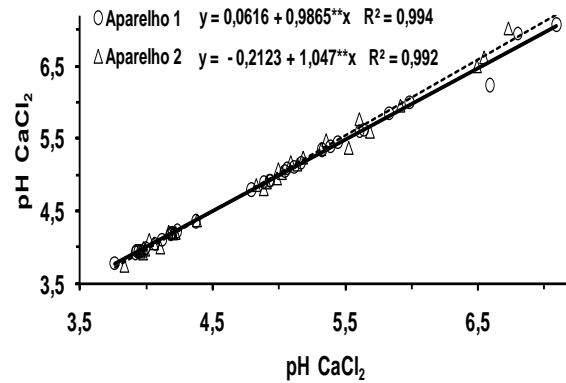
lineares para estas variáveis, onde os valores obtidos pelo método reduzido são relacionados aos valores determinados pelo método padrão, considerando-se o ajuste individual para cada um dos potenciômetros avaliados. Verifica-se que em todos os modelos de regressão estabelecidos, o coeficiente angular (parâmetro linear da equação) e o coeficiente de determinação tenderam ao valor unitário, e o intercepto tendeu a zero. A partir destas informações, pode-se afirmar com segurança que as equações apresentadas neste trabalho podem ser adotadas para a estimativa do valor destas variáveis que seriam obtidas com o potenciômetro multi-eletrodo, a partir da leitura em potenciômetro simples. Da mesma forma, também pode-se estimar o valor destas variáveis que seria obtido pelo método reduzido, a partir dos valores observados pelo método padrão, ou vice-versa.



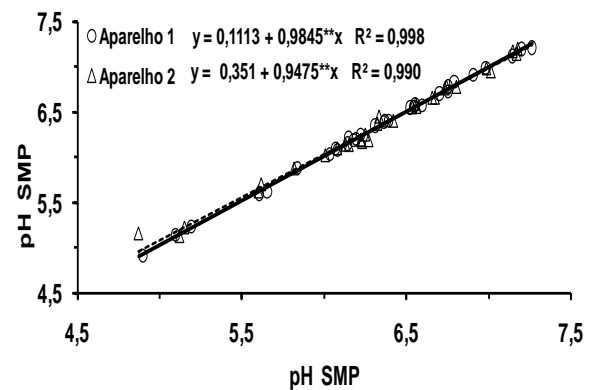
**Figura 3.** pH  $\text{CaCl}_2$  determinado em 31 amostras de solo pelo potenciômetro multi-eletrodo em função do pH  $\text{CaCl}_2$  determinado pelo potenciômetro mono-eletrodo, nos métodos padrão (1 - frascos com 10 mL de solo) e reduzido (2 - frascos com 5 mL de solo).



**Figura 4.** pH SMP determinado em 31 amostras de solo pelo potenciômetro multi-eletrodo em função do pH SMP determinado pelo potenciômetro mono-eletrodo, nos métodos padrão (1 - adição de 5,0 mL de solução tampão em frasco com 10 mL de solo) e reduzido (2 - adição de 2,5 mL de solução tampão em frasco com 5 mL de solo).



**Figura 5.** pH  $\text{CaCl}_2$  determinado em 31 amostras de solo pelo método reduzido (frascos com 5 mL de solo) em função do pH  $\text{CaCl}_2$  determinado pelo método padrão (frascos com 10 mL de solo), em potenciômetro mono-eletrodo (aparelho 1) e multi-eletrodo (aparelho 2).



**Figura 6.** pH SMP determinado em 31 amostras de solo pelo método reduzido (adição de 2,5 mL de solução tampão em frasco com 5 mL de solo) em função do pH SMP determinado pelo método padrão (adição de 5,0 mL de solução tampão em frasco com 10 mL de solo), em potenciômetro mono-eletrodo (aparelho 1) e multi-eletrodo (aparelho 2).



### CONCLUSÕES

Há viabilidade na adoção do método de determinação de pH  $\text{CaCl}_2$  com uso reduzido de reagentes associado ou não ao uso de potenciômetro multi-eletrodo.

A determinação de pH  $\text{CaCl}_2$  com eletrodo múltiplo resulta em diferenças máximas de 0,8 % em relação ao eletrodo simples.

Há a possibilidade de estimativa de valores de pH  $\text{CaCl}_2$  e pH SMP obtidas nos diferentes métodos e equipamentos avaliados.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos laboratoristas Mário Paes Kozima e Luiz Moreira de Moraes pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

CAPATO, C. F.; NEIVA, A.; LAZARI, G. G. et al. Análise e gerenciamento de resíduos do pH-SMP. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012. Resumos. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 1 CD-ROM.

MAEDA, S.; KURIHARA, C. H.; HERNANI, L. C. et al. Estimativa da acidez potencial de solos do Mato Grosso do Sul pelo método pH SMP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997 Informação de solo na globalização do conhecimento sobre o uso das terras: resumos. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.184.