

# MÉTODOS PARA DETERMINAR AS NECESSIDADES DE CALAGEM EM SOLOS DOS CERRADOS<sup>(1)</sup>

D. M. G. de SOUSA<sup>(2)</sup>, L. N. de MIRANDA<sup>(2)</sup>, E. LOBATO<sup>(2)</sup>  
& L. H. R. de CASTRO<sup>(2)</sup>

## RESUMO

Foram avaliados e comparados os métodos de recomendação de calagem utilizados na região dos Cerrados, englobando o método baseado na diminuição do Al e no aumento do Ca e Mg, o método de saturação por bases e o SMP. Determinaram-se, também, as relações entre pH em água ou em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01M com a saturação por bases e, avaliou-se a possibilidade de estimar a acidez potencial através do pH SMP, bem como de ajustar a recomendação de calcário do método SMP através da saturação por bases. O método de Al, Ca e Mg elevou a saturação por bases dos solos para um valor médio de 49,2%, sendo de 50% o limite superior de saturação por bases recomendado para solos de cerrado. Entretanto, para solos com CTC menor que 4 meq/100cm<sup>3</sup>, este método pode superestimar a necessidade de calagem. O método do SMP e o de saturação por bases se equivaleram quando a estimativa da necessidade de calagem foi feita para atingir um pH em água de 6,0, ou seja, uma saturação por bases de 50%. Em solos de Cerrados, para obtenção de pH em água entre 5,5 e 6,0, a saturação por bases deverá estar no intervalo 35-50%

**Termos de indexação:** necessidade de calagem, método do alumínio, saturação por bases, método SMP.

## SUMMARY: EVALUATION OF METHODS TO PREDICT LIME REQUIREMENT FOR CERRADO SOILS

The methods used to recommend lime, including the method based on the decrease of exchangeable Al and on the increase of exchangeable Ca and Mg, the base saturation method and the SMP method were compared and evaluated in their ability to predict lime requirement for Cerrado soils. The relation between soil pH in water and soil base saturation, soil pH in 0.01M  $\text{CaCl}_2$  solution and soil base saturation, soil potential acidity and soil pH in SMP solution was also studied. The values of lime requirement determined by the SMP method were also adjusted through the soil base saturation method. The amounts of lime recommended by the exchangeables Al, Ca and Mg method increased the soil base saturation up to average value of 49.2%, near to the recommended upper limit of base saturation for cerrado soils of 50%. For soils with CEC lower than 4 meq/100cm<sup>3</sup> this method may overestimate the lime requirements. The SMP

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado na XVIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, em 23-28 de outubro de 1988. Recebido para publicação em setembro de 1988 e aprovado em abril de 1989.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73301 Planaltina (DF).

*method as well as the base saturation method predicted about the same lime requirements to raise the soil pH in water up to 6.0 or the soil base saturation up to 50%. For a range of soil pH in water between 5.5 and 6.0 the soil base saturation have varied from 35% to 50%.*

**Index terms:** lime requirement; exchangeable Al, Ca and Mg methods; base saturation method; SMP method.

## INTRODUÇÃO

No Brasil ocorrem diferentes regiões com características próprias de solo, clima e desenvolvimento econômico. Assim, tecnologias geradas em determinada região nem sempre poderão ser utilizadas em outras sem sofrer modificações para adaptá-las às condições locais.

A aplicação de calcário na maioria dos solos brasileiros é uma tecnologia muito importante para viabilizar uma agricultura comercial, e a quantificação desse corretivo deve ser feita com base na análise de solo. Vários métodos de estimar a necessidade de calagem são utilizados no País. No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foi adaptado o SMP (Mielniczuk et al., 1969), enquanto em São Paulo e parte do Paraná foi adaptado o da saturação por bases (Quaggio, 1983). Nas outras regiões, principalmente na dos Cerrados, o método mais empregado é baseado no Al, Ca e Mg trocáveis, difundido principalmente por Mohr (1960) e Cate (1965).

No Brasil Central têm sido utilizadas tecnologias de uso de calcário recomendadas para agricultura de outras regiões, como a aplicação de calcário para atingir uma saturação por bases de 70%. Entretanto, em duas safras sucessivas (1986/87 e 1987/88), foi observada a ocorrência de perdas de produtividade nas culturas de soja e milho em algumas propriedades de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e Bahia. As lavouras apresentavam clorose e, após análise foliar, constatou-se deficiência de zinco e manganês, induzida pelo alto pH do solo, que estava em torno de 6,9. As aplicações de calcário nessas lavouras tinham sido feitas para atingir uma saturação por bases de 70%. Isso comprova a necessidade de adequar as diferentes tecnologias às condições próprias de cada região. Este trabalho se propõe avaliar e comparar as metodologias em uso na região, bem como adequar o método de saturação por bases para a recomendação de calagem na região dos Cerrados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 16 amostras de solos dos Estados de Goiás e Distrito Federal descritas no trabalho de Sousa et al. (1980), além de outras 49 amostras coletadas na camada arável em Minas Gerais (Paracatu-4 e Unaí-5), Mato Grosso (Rondonópolis-6, Diamantino-12, Canarana-3 e Água Boa-2), Mato Grosso do Sul (São Gabriel do Oeste-2, Camapuã-8 e Dourados-2) e Bahia (Barreiras-5).

Al, Ca e Mg foram extraídos com KC1 1N na relação solo:solução de 1:10, sendo o alumínio determinado por titulação com NaOH e o Ca e Mg por titulação com EDTA. O K foi extraído com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N + HC1 0,05N, na relação solo:solução de 1:10, e a determinação foi feita por fotometria de chama. A matéria orgânica foi determinada pelo método de Walkey-Black e o teor de argila, pelo da pipeta.

A acidez potencial (Al + H) foi extraída com acetato de cálcio a pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH 0,025N. A solução extratora de acetato de cálcio 1N teve o seu pH ajustado para 7,0 com ácido acético ou hidróxido de cálcio. Em um frasco-de-Erlenmeyer de 250ml, adicionaram-se 5ml de solo e 100ml de solução extratora, agitando-se por quinze minutos e deixando-se em repouso por uma noite. Foi preparada também uma prova em branco. Retiraram-se então 50ml do sobrenadante e procedeu-se à titulação com NaOH 0,025N em presença de três gotas de fenolf taleína alcoólica 3%. O cálculo da acidez potencial foi feito, subtraindo-se do volume gasto na titulação da amostra o volume gasto na titulação da prova em branco, sendo a unidade em meq/100cm<sup>3</sup> de solo.

Para determinar o pH SMP (Raij & Quaggio, 1983), foi preparada a seguinte solução: em um balão, adicionaram-se 3,6g de P-nitrofenol dissolvidos em 100ml de água destilada quente, 6,0g de cromato de potássio (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) e 106,2g de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), elevando-se o volume para aproximadamente 500ml com água destilada. Agitou-se por quinze minutos, misturando-se em seguida 4,0g de acetato de cálcio (Ca (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) previamente dissolvidos em 300ml de água destilada. Agitou-se a solução por mais dez minutos, adicionaram-se 5ml de trietanolamina e continuou-se agitando até completar a homogeneização. Ajustou-se o pH para 7,5 e completou-se o volume para 1 litro com água destilada.

O pH em água ou em CaCl<sub>2</sub> 0,01M foi determinado tomando-se 10ml de solo mais 25ml de água destilada ou da solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01M. Nesses mesmos frascos foi determinado o pH SMP pela adição de 5ml da solução acima, agitando-se por 15 minutos a 220 rpm; após o repouso de uma hora, procedeu-se à leitura do pH.

A saturação por bases (V%) foi calculada:

$$V\% = \frac{S}{T} \times 100, \text{ onde } S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}, \text{ e } T = \text{Al} + \text{H} + \text{S}.$$

As necessidades de calagem (N.C.) em tonelada/hectare das amostras foram calculadas pelos seguintes métodos:

**1. Método do Al, Ca e Mg trocáveis (expressos em meq/100 cm<sup>3</sup>)**

(a) para solos com teor de argila maior que 20% e teor Ca + Mg menor que 2,0.: N.C. = 2 x Al + [2 - (Ca + Mg)].

(b) para solos com teor de argila maior que 20% e teor de Ca + Mg maior que 2,0.: N.C. = 2 x Al.

(c) para solos com teor de argila menor que 20%: N.C. = 2 x Al ou N.C. = 2 - (Ca + Mg), utilizando a maior recomendação.

**2. Método para elevar a saturação por bases a 50%:**

$$N.C. = (T \times 0,5) - S.$$

A necessidade de calcário por esse método foi calculada de duas formas:

(a) Método saturação por bases 50% padrão, considerando (Al + H) determinados através do acetato de cálcio a pH 7,0.

(b) Método saturação por bases 50% considerando (Al + H) estimados através do pH SMP.

**3. Método do SMP:** A necessidade de calagem por este método foi obtida através da relação entre o pH SMP e a N.C. para saturação por bases de 50% padrão (2a).

Foram também estudadas as relações entre os valores da saturação por base e os de pH em água e em CaCl<sub>2</sub> 0,01M, através de análise de regressão linear e correlação. Da mesma maneira, foram obtidas as relações entre: pH em água (1:2,5) e em CaCl<sub>2</sub> 0,01M; acidez potencial (Al + H) pelo método de acetato de cálcio e pH SMP.

Dividindo-se os valores de acidez potencial estimado através do pH SMP pelos da acidez potencial padrão, obtiveram-se os índices da relação entre ambos, que foi estudada através da distribuição normal de freqüência desses índices. O ajuste dos dados foi efetuado pela equação da distribuição normal (Meyer, 1976); na interpretação dos dados foram consideradas variações em torno da média de  $\pm 1,0$  desvio-padrão. Da mesma maneira, foi estudada a relação entre os valores de saturação por bases dos solos quando se estimou a necessidade de calagem pelos seguintes métodos: Al, Ca e Mg trocáveis; saturação por bases 50% estimado e SMP calibrado através da saturação por bases, ambos em relação ao método de saturação por bases 50% padrão. Para o método do Al, Ca e Mg trocáveis o erro foi de 29%, e considerando-se um erro máximo de 15% tomou-se a variação em torno da média de 1/2 desvio-padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações existentes entre o pH em água (1:2,5) e a saturação por bases são mostradas na figura 1: os dados indicam que para uma saturação de 50%, o pH

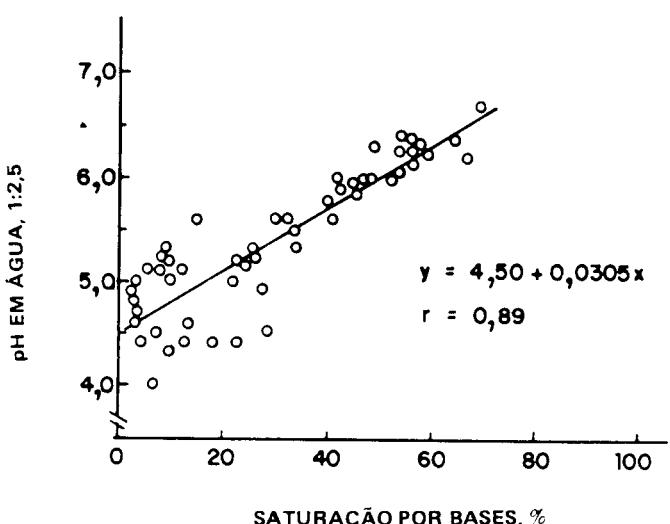


Figura 1. Relação entre valores de pH em água e saturação por bases na camada arável de solos dos Cerrados (N = 65 pares).

do solo em água está em torno de 6,0. Foram também estudadas as relações entre o pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01M e a saturação por bases, obtendo-se uma correlação um pouco melhor do que a obtida com pH em água e saturação por bases (Figura 2).

O pH do solo em soluções salinas tem sido bastante difundido, pois apresenta melhor reprodutibilidade do que o pH em água e não sofre a influência da presença de sais no solo.

Na interpretação de resultados de análise de solo, bem como na maioria dos trabalhos técnico-científicos, a medida mais comum do pH do solo é feita em água. No estudo das relações entre os valores de pH em água (1:2,5) e em CaCl<sub>2</sub> 0,01M das amostras, obteve-se a equação descrita abaixo. Dessa forma, através do pH em água, poder-se-á ter uma idéia do pH em CaCl<sub>2</sub> desses solos, com um coeficiente de variação de 3,8%.

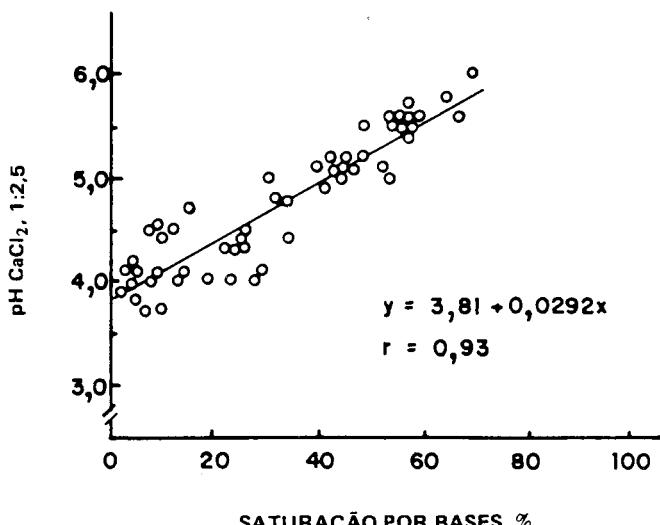


Figura 2. Relação entre valores de pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01M e saturação por bases na camada arável de solos dos Cerrados (N = 65 pares).

$$\text{pH CaCl}_2 \text{ 0,01M} = -0,12 + 0,889 \text{ pH H}_2\text{O} \quad r = 0,96.$$

A utilização do método de saturação por bases implica a determinação da capacidade de troca de cátions (T) em pH 7,0. Este valor é obtido através da adição da soma de bases (S) Ca, Mg, K e, em alguns casos, Na e acidez potencial ( $\text{Al} + \text{H}$ ), determinada com acetato de cálcio. Entretanto, a determinação da acidez potencial dos solos com acetato de cálcio apresenta problemas para ser executada em laboratórios de rotina. Conseqüentemente, alguns autores (Raij et al., 1979, e Quaggio, 1983) propuseram que se estimasse a acidez potencial através de uma regressão que correlaciona os valores obtidos de ( $\text{Al} + \text{H}$ ) pelo método do acetato de cálcio com os do pH SMP do solo. Esta relação entre acidez potencial e pH SMP para os solos dos Cerrados estudados é apresentada na figura 3, mostrando uma tendência idêntica à obtida por Quaggio (1983); utilizando-se, porém, a equação de regressão desses autores, estimar-se-ia, em média, para um mesmo pH SMP, uma acidez potencial superior em 14%, o que realça a necessidade do ajuste feito para os solos dos Cerrados do Brasil Central.

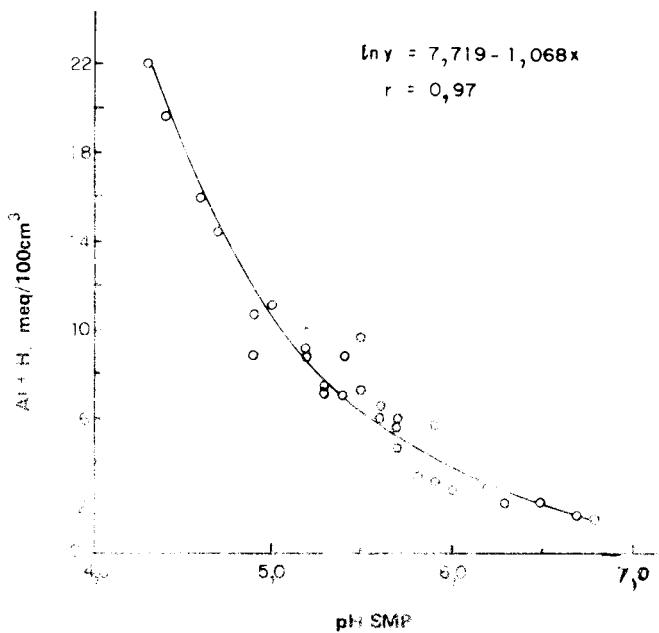


Figura 3. Variação nos teores de acidez potencial ( $\text{Al} + \text{H}$ ) em relação ao pH SMP na camada arável de solos dos Cerrados ( $N = 30$  pares).

A estimativa da acidez potencial utilizando a regressão da figura 3, apesar do bom ajuste e do baixo coeficiente de variação de 9,4%, apresentou para algumas amostras valores superestimados e subestimados, não sendo possível associar nenhuma característica de solo nessas amostras que pudesse justificar tais desvios. A distribuição de freqüência da relação entre os valores da acidez potencial padrão determinados através do acetato de cálcio pH 7,0 e da acidez potencial estimadas pelo pH SMP é apresentada na figura 4.

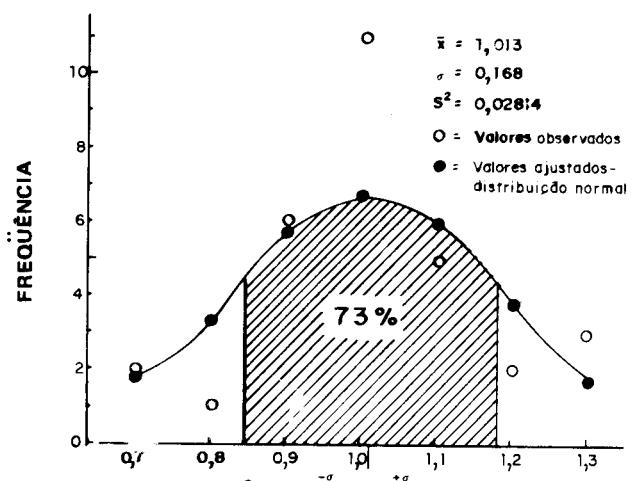


Figura 4. Distribuição de freqüência da relação entre os valores da acidez potencial estimada através do pH SMP, e acidez potencial real dos solos ( $N = 30$  observações).

Admitindo-se uma variação de  $\pm 1,0$  desvio-padrão (erro de 16,8%) em relação à média, 73% das trinta amostras de solos dos Cerrados em que foi estimada a acidez potencial pela equação de regressão da figura 3 se enquadrariam nesse limite, enquanto os 27% restantes apresentariam uma variabilidade maior que  $\pm 20\%$  (0,2), chegando a um máximo de  $\pm 30\%$  (0,3). Portanto, a estimativa da acidez potencial através do pH SMP pode apresentar uma variabilidade alta para alguns solos.

Um método para predizer a N.C. bastante adotado no Sul do País é o SMP: de acordo com o método utilizado neste trabalho, poder-se-ia aproveitar as ladeiras do pH em água ou em solução de  $\text{CaCl}_2 \text{ 0,01M}$  para se proceder à determinação do pH SMP. Entretanto, para calibrar este método, são necessárias as curvas de neutralização obtidas pela incubação de amostras de solo por 60 a 120 dias. Nesse período de incubação, devido à mineralização da matéria orgânica do solo, pode-se observar um aumento no teor de sais na solução de solo que causa uma depressão no pH em água, o que poderá induzir a uma superestimativa da N.C. Foi feita, então, uma tentativa de calibrar o método SMP para elevar o pH do solo para 6,0, através da saturação por bases. Conforme indica a figura 1, para um pH em água de 6,0, a saturação por bases deve ser de 50%. Então, calculou-se a N.C. para 50% de saturação por bases para cada amostra; utilizando-se acidez potencial determinada com o acetato de cálcio, obtendo-se a regressão entre essa dose de calcário e o pH SMP apresentada na figura 5. Houve um bom ajuste da equação, evidenciando a possibilidade de ajustar o método do SMP através da saturação por bases, o que evitaria a execução das curvas de neutralização via incubação.

Neste trabalho, são analisadas quatro alternativas de estimar a N.C. para solos dos Cerrados: o método para elevar a saturação por bases a 50%, utilizando a acidez potencial padrão (método a); o mesmo método

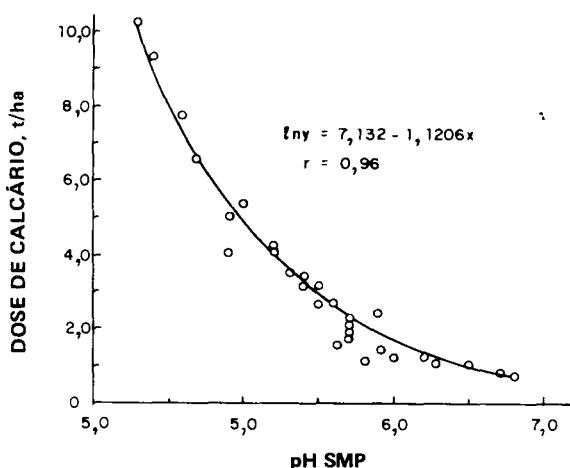


Figura 5. Relação entre doses de calcário para atingir pH em água de 6,0 (saturação por bases de 50%) e pH SMP dos solos ( $N = 30$ ).

empregando a acidez potencial estimada (método b); o SMP ajustado pela saturação por bases 50%, e o método mais usado na região, com base nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis. Tais alternativas são comparadas no quadro 1, em que os métodos de saturação por bases 50% (a e b) e o SMP recomendaram em média 3,1 t/ha de calcário, enquanto o método baseado nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis recomendou 2,6 t/ha, ou seja, 16% menos calcário que os demais.

Quadro 1. Doses de calcário estimadas por quatro métodos analíticos em trinta amostras de solos da camada arável na região dos Cerrados

Método	Calcário		
	Mínimo	Máximo	Média
t/ha			
Sat. bases 50% padrão <sup>(1)</sup>	0,7	10,3	3,3
Sat. bases 50% estimada <sup>(2)</sup>	0,8	10,7	3,0
SMP pH água 6,0 <sup>(3)</sup>	0,6	10,1	3,1
Al, Ca e Mg trocáveis	2,2	6,2	2,6

Valores calculados: <sup>(1)</sup> utilizando o valor da acidez potencial determinada com acetato de cálcio a pH 7,0; <sup>(2)</sup> utilizando o valor da acidez potencial estimada através do pH SMP; <sup>(3)</sup> através da função:  $\ln(N.C.) = 7,132 - 1,1206 \text{ pH SMP}$ .

Na figura 6 encontra-se a distribuição da relação entre os valores de saturação por bases que seria obtida nas trinta amostras de solo dos Cerrados, caso a N.C. fosse estimada através do Al, Ca e Mg trocáveis e através de saturação por bases 50% considerando a acidez potencial padrão (método a). A saturação por base média das amostras foi de 49,2% e a distribuição apresentou um desvio-padrão e variância muito alta. Admitindo-se meio desvio-padrão (0,147), cerca de 40% das amostras estaria atingindo uma saturação por bases em torno da média, cobrindo um intervalo de saturação de 30 a 83%. Para os valores entre 35 e até 60% de

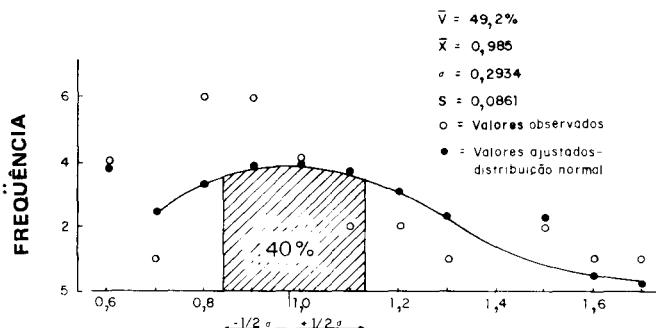


Figura 6. Distribuição de freqüência da relação entre os valores de saturação por bases dos solos quando se estimou a necessidade de calcário através do Al, Ca e Mg trocáveis e o método de saturação por bases de 50%, considerando a acidez potencial real determinada com acetato de cálcio pH 7,0 ( $N = 30$  observações).

saturação por bases, em que o pH em água obtido seria de 5,5 a 6,3, não haveria a presença de alumínio tóxico e estaria provavelmente adequado. Entretanto, para o intervalo de saturação por bases de 61 a 83%, o pH em água seria de 6,4 a 7,0 respectivamente, podendo ocorrer então problemas sérios de deficiência de micronutrientes. Apenas cinco amostras caíram nesse intervalo, quatro das quais têm uma CTC menor que 4 meq/100cm<sup>3</sup>, teor de matéria orgânica menor que 1,0% e de argila menor que 30%. Portanto, para solos com CTC menor que 4,0 meq/100cm<sup>3</sup>, é possível recomendar calcário em excesso quando se utiliza o critério do Al, Ca e Mg trocáveis. A quinta amostra deste grupo com uma saturação por bases elevada era de um solo que apresentava condições de hidromorfismo. Por outro lado, observou-se também que quatro amostras apresentaram uma saturação por bases entre 30 e 34%; nesse caso, duas amostras apresentavam CTC maior que 12 meq/100cm<sup>3</sup> e duas, Ca + Mg maior que 2,0 meq/100cm<sup>3</sup>, Al menor que 1,0 meq/100cm<sup>3</sup> e CTC de 10 meq/100cm<sup>3</sup>.

A distribuição de freqüência da relação entre os valores da saturação por bases dos solos determinada pelo método de saturação por bases 50% considerando a acidez potencial estimada, e o método de saturação por bases 50% considerando a acidez potencial padrão, é mostrada na figura 7, e, entre o método SMP para pH 6,0 e o de saturação por bases 50% padrão, na figura 8. Para o método de saturação de bases 50% estimada, a saturação englobou um intervalo de 35 a 65%; essa variação poderia ser explicada principalmente pela estimativa de acidez potencial. Se a quantidade de calcário fosse estimada pelo método SMP, a saturação por bases obtida se enquadraria no intervalo de 40 a 67%.

## CONCLUSÕES

- Para utilizar o critério de saturação por bases, é necessário conhecer a relação entre esse parâmetro e o pH do solo.

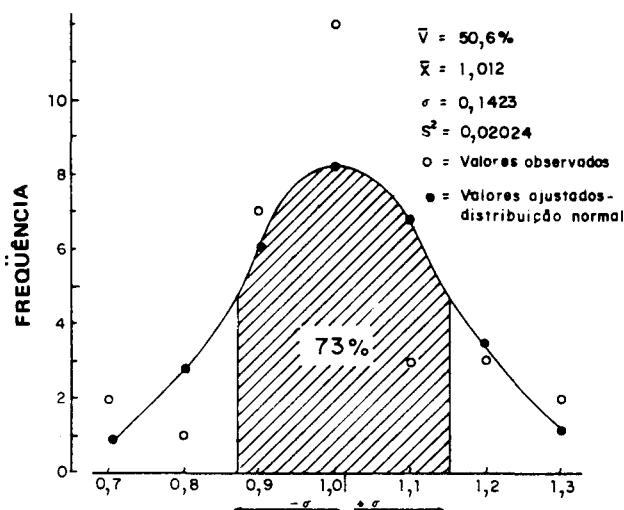


Figura 7. Distribuição de freqüência da relação entre os valores de saturação por bases dos solos quando se estimou a necessidade de calcário para saturação por bases de 50% utilizando-se a acidez potencial estimada através do pH SMP e a acidez potencial real determinada com acetato de cálcio a pH 7,0 ( $N = 30$  observações).

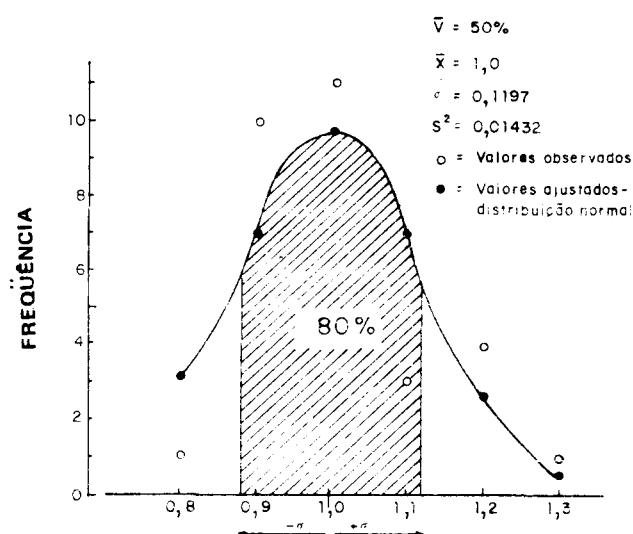


Figura 8. Distribuição de freqüência da relação entre os valores de saturação por bases dos solos quando se estimou a necessidade de calcário pelos métodos SMP para pH em água 6,0 (calibrado através da saturação por bases) e saturação por bases de 50%, considerando a acidez potencial real determinado com acetato de cálcio pH 7,0 ( $N = 30$  observações).

2. Em solos dos Cerrados, para obter um pH em água entre 5,5 e 6,0, a saturação por bases deverá estar entre 35 e 50%.

3. O método de Al, Ca e Mg trocáveis pode elevar a saturação por bases dos solos para valores médios de 49,2%.

4. O método do SMP pode ser ajustado através da saturação por bases.

5. O método do SMP (ajustado através da saturação por bases) e o da saturação por bases 50% considerando a acidez potencial determinada com acetato de cálcio pH 7,0, ou estimada através do pH SMP, equivaleram-se na estimativa da necessidade de calcário dos solos dos Cerrados estudados.

## LITERATURA CITADA

- CATE JR., R.B. Sugestões para adubação na base de análise de solo. Primeira aproximação. North Carolina State University, International Soil Testing Project. Recife, 1965. 16p.
- MEYER, P.L. Probabilidade aplicações à estatística. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1976. p.194-222.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1969. 38p. (Boletim Técnico, 2).
- MOHR, W. A influência da acidez sobre a fertilidade dos solos. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1., Campinas, 1960. Anais. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1960.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação de calagem em solo. In: RAJ, B. van; BATAGLIA, O.C. & SILVA, N.M. da, Coord. Acidez e calagem no Brasil. Simpósio, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.33-48.
- RAJ, B. van; CANTARELLA, H. & ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 38:57-69, 1979.
- RAJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Instituto Agronômico, Campinas, 1983. (Boletim Técnico, 81)
- SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:144-148, 1980.