

## TESTES RÁPIDOS PARA ESTIMAR AS NECESSIDADES EM CALCÁRIO DE ALGUNS SOLOS DE SÃO PAULO<sup>1</sup>

L. M. M. DE FREITAS<sup>2</sup>, P. F. PRATT<sup>3</sup> e L. VETTORI<sup>4</sup>

### Sinopse

Cinco métodos de análise rápida, objetivando a determinação da necessidade em calcário (NC) de alguns solos de São Paulo, foram testados mediante comparação com os resultados obtidos pela incubação com  $\text{CaCO}_3$  até atingir um pH de equilíbrio. Os métodos de Woodruff e SMP, que estimam a NC a partir da depressão de pH de suspensões de terra em soluções tamponizadas, estimaram satisfatoriamente as NC para o controle de pH. A solução tampão SMP, tal como é usada em Ohio, deu valores que eram quase o dobro dos valores verdadeiros, mas mostrou-se satisfatória quando a quantidade de solo na suspensão foi reduzida à metade da quantidade original. Os valores das NC, medidos pela acidez extraída por  $\text{Ca(OAc)}_2$  a pH 7 e estimados pelas curvas de saturação de bases e pH, mostraram alta correlação com as NC para pH 5,5, 6,0 e 6,5 determinadas por incubação. Um método baseado na acidez extraída pelo KCl e no suprimento de (Ca+Mg) mostrou-se satisfatório tanto no que respeita à neutralização do Al trocável quanto ao suprimento de (Ca+Mg), porém deu baixa correlação com os valores da NC para o controle de pH determinados por incubação.

### INTRODUÇÃO

Os testes de Woodruff (Woodruff 1948) e de SMP (Shoemaker *et al.* 1961) difundiram-se rapidamente e estão sendo usados por vários laboratórios de análise de terra para estimar as necessidades em calcário (NC) de solos ácidos. Estes dois métodos medem a depressão em pH verificada numa solução tampão depois que lhe é adicionada uma amostra de terra ácida. O método SMP, uma modificação do teste de Woodruff, foi desenvolvido para os solos de Ohio, solos que têm valores relativamente altos de Al trocável e NC.

No Brasil, dois são os métodos mais comumente usados na determinação da NC: o método do  $\text{Ca(OAc)}_2$  (Vettori 1948) e o método de saturação de bases (Catani & Gallo 1953).

Tanto aqueles métodos usando as soluções tampão quanto os métodos em uso no Brasil objetivam determinar os valores da NC necessários para elevar o pH do solo até próximo de 6. Um método depen-

dente da quantidade de Al e (Ca + Mg) trocáveis foi proposto recentemente (Cate 1965). Por este método, o calcário é adicionado unicamente para neutralizar o Al e assegurar um nível adequado de Ca e Mg, sendo o pH de interesse secundário.

Neste trabalho são relatados os resultados da comparação destes cinco métodos rápidos de medir a NC em solos do Estado de São Paulo com uma série de valores definidos pela incubação de amostras destes solos com  $\text{CaCO}_3$  puro até alcançar um pH de equilíbrio.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Material

Amostras da camada arável de 14 solos e 6 subsolos foram coletadas em lugares cujos perfis tinham sido classificados (Ministério da Agricultura 1960). As amostras foram secadas ao ar e trituradas até passar numa peneira de 2 mm, depois do que foram submetidas aos tratamentos e análises descritas a seguir. Os dados referentes às propriedades de troca catiônica desses solos foram usados numa publicação anterior (Pratt & Alvahydo 1966). No Quadro 1 são apresentadas as informações referentes ao local de onde as amostras foram retiradas, a classificação de grande grupo de solo, profundidade, pH e capacidade de troca catiônica (CTC) das amostras estudadas.

#### Métodos

**Incubação.** Amostras de 1 kg de terra umedecida até 60% do teor de uma pasta saturada foram incubadas por quatro meses. Calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) foi

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 17 de julho de 1967. Conduzido como um projeto de Aliança para o Progresso, sob o contrato USAID/IRI no Brasil.

<sup>2</sup> Agrônomo do Instituto de Pesquisas IRI, Caixa Postal 58, Matão, Estado de São Paulo.

<sup>3</sup> Professor de Ciência do Solo na Universidade da Califórnia, em Riverside, Califórnia, E.U.A., anteriormente Químico de Solo do Instituto de Pesquisas IRI.

<sup>4</sup> Químico da Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo do Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Ministério da Agricultura. R. Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro, GB.

QUADRO 1. Número, local, grande grupo de solo, profundidade, pH e CTC a pH 7,0 pelo método do  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  das amostras de terra usadas neste trabalho

N.º do solo	Local	Grande grupo de solo	Profundidade (cm)	pH da pasta	CTC (meq por 100 g)
1	São José do Rio Preto.....	Latosol vermelho escuro.....	0-15	4,3	2,7
2	Matão.....	Latosol vermelho amarelo.....	0-15	4,0	3,2
3	Rio Claro.....	Podzólico vermelho amarelo.....	0-15	4,8	7,8
4	Rio Claro.....	Podzólico vermelho amarelo.....	15-40	5,3	6,2
5	Tatuf.....	Podzólico vermelho amarelo.....	0-20	4,5	17,7
6	Tatuf.....	Podzólico vermelho amarelo.....	30-50	5,2	13,0
7	Guareí.....	Latosol.....	0-15	5,0	17,9
8	Tatuf.....	Latosol vermelho escuro.....	0-15	5,5	7,9
9	Guarulhos.....	Latosol vermelho amarelo.....	0-15	4,6	8,4
10	Guarulhos.....	Latosol vermelho amarelo.....	30-50	5,2	4,8
11	Jacareí.....	Podzólico vermelho amarelo.....	0-15	4,3	7,0
12	Jacareí.....	Podzólico vermelho amarelo.....	30-50	4,4	6,2
13	Mogi das Cruzes.....	Podzolizados com cascalhos.....	0-15	3,7	10,7
14	Mogi das Cruzes.....	Podzolizados com cascalhos.....	15-45	4,1	6,4
15	Pirassununga.....	Regosol.....	0-15	3,9	2,8
16	Orlândia.....	Latosol roxo (Terra roxa).....	0-15	4,2	6,9
17	Rio Claro.....	Podzólico vermelho amarelo.....	>100	5,4	4,4
18	Batatais.....	Latosol roxo (Terra roxa).....	0-15	4,2	6,0
19	Francs.....	Latosol vermelho amarelo.....	0-15	4,5	6,7
20	Alto Porã.....	Latosol roxo (Terra roxa).....	0-15	4,1	8,8

adicionado às amostras de cada solo representando, respectivamente, 0,0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,5 vezes a acidez extraída pela mistura de  $\text{BaCl}_2$ -trietanolamina ajustada a um pH de 8,1 (Mehlich 1948 Peech 1965). As amostras foram incubadas em sacos de plástico que permitiam a passagem livre de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , mas não deixavam evaporar água. O pH da pasta das amostras em incubação foi determinado a intervalos aproximados de três semanas. A maioria dos solos alcançou o pH de equilíbrio em seis semanas, mas dois solos com quantidades relativamente grandes de Al trocável demandaram mais de dois meses para atingir um pH de equilíbrio. Após o final da reação indicada pelo equilíbrio de pH atingido, desenharam-se gráficos marcando os valores de pH no eixo das ordenadas e as quantidades de  $\text{CaCO}_3$  usadas nos eixos das abcissas, calculando-se por interpolação os valores de NC para, nos vários solos estudados, alcançar os pH de respectivamente 6,5, 6,0 e 5,5. Pratt e Alvahydo (1966) apresentaram exemplos dos gráficos obtidos. Esses valores foram usados como padrões a partir dos quais se compararam os métodos rápidos de estimar as NC. Amostras de todos os tratamentos e de todos os solos foram analisadas após o período de incubação, determinando-se o (Ca + Mg) trocável e o Al trocável extraídos pelo KCl. O K trocável e o P solúvel foram extraídos com uma solução 0,05 N de HCl e 0,025 N de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . (Olsen & Dean 1965), usando-se uma relação de 10 para 1 entre a solução e o solo.

*Acetato de Cálcio.* Num frasco de Erlenmeyer de 125 ml foram pesadas 5 g de terra, depois do que se lhe adicionaram 100 ml de uma solução normal de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  ajustada a pH 7,0. Após sedimentar por um período de 18 horas, retirou-se do líquido sobrenadante uma alíquota de 50 ml, que foi titulada com uma solução padrão de NaOH, usando-se fenolftaleína como indicador. O título da alíquota menos o título da alíquota de 50 ml da solução original representa a acidez deslocada. A NC foi tomada como igual à acidez deslocada.

Os valores de NC obtidos por esse extrato de equilíbrio mostraram-se mais altamente correlacionados com o método de incubação do que os valores obtidos por uma técnica em que uma amostra de 10 g foi lixiviada com 100 ml de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  por um período de três horas.

*Woodruff.* Uma solução tampão foi preparada a partir de 8 g de P-nitrofenol e 40 g de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  por litro. O P-nitrofenol foi dissolvido em cerca de 200 ml de água quente, depois do que foi adicionado a uma solução (cerca de 600 ml) contendo o  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ . Antes de completar o volume a 1.000 ml, procedeu-se ao ajuste do pH da solução para 7,0, usando-se cápsulas de NaOH. Uma alíquota de 20 ml desta solução tampão foi depois adicionada a um frasco contendo 10 g de terra e 10 ml de água destilada. Depois de permanecer em contato por 30 minutos, agitando-se a intervalos, a depressão de

pH da solução tampão era medida. Cada depressão de pH de 0,10 era considerada equivalente a 1,0 meq de  $\text{CaCO}_3$  por 100 g de terra.

**SMP.** Para este método preparou-se uma solução tampão com 1,8 g de P-nitrofenol, 2,5 ml de trietanolamina, 3,0 g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , 2,0 g de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e 40,0 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  por litro. O P-nitrofenol foi dissolvido em cerca de 100 ml de água quente, depois do que foi adicionado a uma solução contendo os outros sais. Antes de completar o volume, o pH da solução foi ajustado para 7,5, usando-se NaOH ou HCl. 20 ml desta solução tampão foram então adicionados a frascos contendo 5 g de terra e 5 ml de água. Após 30 minutos, agitando-se a intervalos, media-se a depressão de pH da solução tampão. A NC era lida a partir dos dados apresentados no Quadro 2 ou de um gráfico preparado com esses dados.

QUADRO 2. Valores da NC pelo método SMP

pH da suspensão solo-tampão	NC meq por 100 g	pH da suspensão solo-tampão	NC meq por 100 g
7,5 a 6,8 <sup>a</sup>			
6,7	3,2	5,7	15,2
6,6	4,4	5,6	16,4
6,5	5,6	5,5	17,8
6,4	6,8	5,4	19,0
6,3	8,0	5,3	20,2
6,2	9,2	5,2	22,0
6,1	10,4	5,1	23,4
6,0	11,6	5,0	24,8
5,9	12,8	4,9	26,4
5,8	14,0	4,8	28,0

<sup>a</sup> Quando o pH da suspensão solo-tampão ficar entre 6,8 e 7,5 dever-se-á tomar a NC como igual a 2 meq por 100 g de terra, se o pH do solo for inferior a 5,0; poder-se-á também repetir a análise com 25 g de terra, dividindo-se a NC aparente por 5 para se obter a verdadeira NC.

A proporção de terra para solução tampão usada no método descrito é metade daquela usada no método original empregado em Ohio, já que, quando se usou a relação original, obteve-se uma NC aproximadamente 100% mais alta que a encontrada em Ohio. A causa desta diferença não está relacionada com a diferença da capacidade tamponizante da solução, pois foram precisos 2,7 meq de HCl por 50 ml para baixar o pH da solução tampão a 3,5, valor idêntico ao encontrado na titulação das soluções tampão preparadas nos locais em que este método tem sido usado.

**Saturação de Bases.** A saturação de bases da amostra foi calculada a partir da soma de bases tro-

cáveis de cálcio, magnésio e potássio expressa em porcentagem da soma dessas bases trocáveis e da acidez extraída por uma solução de  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  com pH 7,0. A NC foi calculada como a quantidade necessária para obter uma saturação de bases de 86%, que era a saturação de bases a um pH de 6,5, determinada a CTC pelo  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ , e deduzida a saturação de bases original da amostra. A relação entre o pH e a saturação de base usada foi aquela apresentada para os solos da camada arável de São Paulo no levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (Ministério da Agricultura, 1960).

**Cloreto de Potássio.** A 5 g de terra colocadas em um balão de Erlenmeyer de 125 ml foram adicionados 100 ml de uma solução normal de KCl. A suspensão assim obtida foi agitada durante 15 minutos, depois do que se deixou o solo sedimentar por 18 horas. Uma alíquota de 50 ml do líquido sobrenadante foi depois titulada com uma solução de NaOH 0,02 N, usando-se fenolftaleína como indicador. A acidez assim titulada é tomada como sendo Al trocável. Este método de extração e determinação da acidez pelo KCl é usado por vários laboratórios de análise de solos do Brasil.

Para estimar a NC, multiplicou-se a acidez KCl por um fator de 1,33, tendo-se o cuidado de nunca indicar uma NC que, acrescida da soma do Ca e Mg trocáveis na amostra original, desse um valor inferior a 3 meq por 100 g de terra. Este limite inferior na NC objetiva assegurar um suprimento mínimo de 3,0 meq de (Ca + Mg) por 100 g de terra.

## RESULTADOS

Do Quadro 3 constam os dados de NC para elevar o pH dos solos respectivamente para 5,5, 6,0 e 6,5 obtidos por incubação com  $\text{CaCO}_3$  durante quatro meses, bem como os dados de NC obtidos pelos cinco métodos rápidos. No Quadro 4 mostram-se os valores de pH que seriam atingidos se os solos tivessem sido incubados com as quantidades de  $\text{CaCO}_3$  iguais aos valores de NC indicados pelos métodos rápidos estudados, mostrando-se ainda as distribuições de frequência desses valores de pH nos intervalos de pH de meia em meia unidade. Todos os métodos rápidos, à exceção do método do KCl, elevaram o valor de pH para a faixa de 5,6 a 6,5 com regular sucesso. O método de saturação de bases, dentre os métodos estudados o mais demorado, mostrou-se, porém, o melhor em termos de precisão na elevação para esta faixa de pH. Os métodos do  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  e Woodruff parecem ser os melhores quando se estima a NC para a faixa de 6,1 a 6,5.

QUADRO 3. Valores de NC para pH 5,5, 6,0 e 6,5 determinados pelo método de incubação com  $\text{CaCO}_3$  durante quatro meses e valores de NC obtidos por cinco métodos rápidos. Dados apresentados em meq por 100 g

Solo n.º	Incubação para pH			Ca(OAc) <sub>2</sub>	Woodruff	Sat. de bases	SMP	KCl
	5,5	6,0	6,5					
1	1,6	2,1	2,7	2,4	2,2	2,0	2,0	2,7
2	1,9	2,8	3,6	3,0	3,2	2,4	2,0	2,8
3	3,0	4,2	5,8	5,8	5,4	4,8	5,8	3,1
4	1,3	3,7	5,2	5,2	5,2	4,4	5,8	2,3
5	7,3	10,8	14,5	11,2	9,6	8,4	10,4	4,6
6	7,2	9,9	11,6	11,4	10,0	9,6	14,0	7,6
7	2,3	4,8	7,2	6,2	5,0	3,6	5,4	0,0
8	0,0	1,0	2,0	3,2	2,8	1,1	2,0	0,0
9	3,7	5,8	8,0	8,2	7,2	7,0	8,4	2,8
10	1,2	3,0	4,4	4,4	4,4	3,8	4,4	2,6
11	3,4	4,6	5,8	5,8	5,2	5,0	5,0	4,2
12	3,0	4,0	5,0	5,6	5,6	4,8	4,6	5,0
13	7,8	10,2	12,6	10,4	8,8	8,8	10,4	5,0
14	3,5	4,7	6,3	6,2	5,8	5,4	5,6	2,9
15	1,4	2,0	2,7	2,6	2,2	2,0	2,0	2,8
16	3,7	5,4	8,0	6,4	5,6	5,6	5,2	2,8
17	1,0	2,8	4,3	3,6	3,8	2,8	3,4	2,1
18	2,4	4,2	6,0	5,8	5,2	5,0	4,6	2,9
19	3,2	5,1	6,6	5,2	4,8	4,4	4,8	1,7
20	4,8	7,5	11,0	8,6	7,0	7,2	7,4	2,8

QUADRO 4. Valores de pH que seriam obtidos se os solos fossem incubados com quantidades de  $\text{CaCO}_3$  iguais aos valores de NC indicados pelos métodos rápidos estudados. Distribuição de frequência desses valores nas várias faixas de pH

Solo n.º	Ca(OAc) <sub>2</sub>	Woodruff	SMP	Saturação de bases	KCl
1	6,3	6,1	5,9	5,9	6,5
2	6,1	6,3	5,6	5,8	6,0
3	6,5	6,4	6,5	6,2	5,6
4	6,5	6,5	6,6	6,2	5,6
5	6,0	5,8	5,9	5,7	5,1
6	6,5	6,0	7,1	5,9	5,5
7	6,3	6,0	6,1	5,8	5,0
8	6,9	6,8	6,5	6,0	5,5
9	6,5	6,3	6,6	6,3	5,3
10	6,5	6,5	6,5	6,3	5,9
11	6,5	6,2	6,2	6,2	5,8
12	6,8	6,8	6,3	6,4	6,5
13	6,0	5,7	6,0	5,7	4,9
14	6,5	6,3	6,3	6,2	5,3
15	6,4	6,1	6,0	6,0	6,0
16	6,2	6,0	5,9	6,0	5,2
17	6,3	6,4	6,2	6,0	5,8
18	6,5	6,3	6,1	6,2	5,6
19	6,0	5,9	5,9	5,8	5,2
20	6,2	5,9	6,0	5,9	4,8

Intervalo de pH	Distribuição de frequência				
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
7,1 — 7,5	0	0	1	0	0
6,6 — 7,0	2	2	2	0	1
6,1 — 6,5	15	11	9	8	2
5,6 — 6,0	3	7	8	12	7
5,1 — 5,5	0	0	0	0	7
4,5 — 5,0	0	0	0	0	3

As equações lineares de regressão e os coeficientes de correlação para os valores de NC obtidos pelo método de incubação e pelos métodos rápidos de laboratório são apresentados no Quadro 5. As correlações quadráticas foram igualmente calculadas, não sendo porém apresentadas, já que não mostram qualquer melhoria sobre as relações lineares. Todos os valores  $r$  são estatisticamente significantes ao nível de probabilidade 0,05; contudo, os valores de  $r$  para o método do KCl são muito baixos em comparação com todos os outros, sendo mesmo tão baixos que não podem ser considerados para se prever a NC para um controle de pH. O método do  $\text{Ca(OAc)}_2$  foi o que apresentou maior valor de  $r$ , logo seguido dos métodos de Woodruff e de saturação de bases, com valores quase tão altos. Exceção feita para o método do KCl, qualquer dos métodos estudados pode ser usado satisfatoriamente na estimativa da NC para elevar o pH do solo a um valor pré-fixado.

QUADRO 5. Equações de regressão linear e coeficientes de correlação para as relações entre a NC para pH 5,5, 6,0 e 6,5 determinados por incubação e os de NC obtidos por métodos rápidos

Método rápido	pH por incubação	Equação de regressão*	
Ca(OAc) <sub>2</sub> .....	5,5	$y = -0,61 + 0,73x$	0,39 **
	6,0	$y = -0,45 + 0,96x$	0,97 **
	6,5	$y = -0,28 + 1,19x$	0,97 **
Woodruff .....	5,5	$y = -0,80 + 0,89x$	0,91 **
	6,0	$y = -0,72 + 1,17x$	0,95 **
	6,5	$y = -0,58 + 1,43x$	0,94 **
Saturação de bases .....	5,5	$y = -0,55 + 0,87x$	0,92 **
	6,0	$y = -0,31 + 1,12x$	0,94 **
	6,5	$y = -0,08 + 1,37x$	0,93 **
SMP .....	5,5	$y = -0,08 + 0,60x$	0,88 **
	6,0	$y = 0,24 + 0,79x$	0,92 **
	6,5	$y = 0,62 + 0,96x$	0,90 **
KCl .....	5,5	$y = 1,79 + 1,01x$	0,48 *
	6,0	$y = 0,97 + 0,98x$	0,58 **
	6,5	$y = 0,22 + 0,91x$	0,67 **

\*  $y$  representa a NC determinada pelo método de incubação para o pH pretendido e  $x$  representa a NC pelo método rápido.

\*\* Coeficientes de correlação são significativos ao nível de probabilidade de 0,05.

\*\*\* Coeficientes de correlação são significativos ao nível de probabilidade de 0,01.

Embora o método do KCl se tenha revelado inferior em termos de controle de pH, funcionou muito bem quanto à neutralização do Al trocável e ao fornecimento de (Ca + Mg). Tal se pode ver na

Fig. 1, que apresenta as relações entre as frações trocáveis de (Ca + Mg) e Al e o  $\text{CaCO}_3$  adicionado antes da incubação para quatro solos. As amostras 3 e 6 eram típicas de solos para os quais a NC,

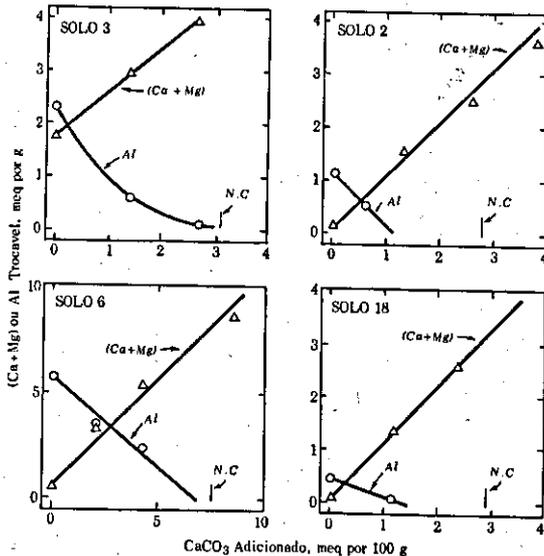


FIG. 1. Relações entre o (Ca + Mg) trocável e o Al trocável em solos incubados durante quatro meses e o  $\text{CaCO}_3$  adicionado antes da incubação. A NC, pelo método do KCl, é indicada para cada caso.

pelo método do KCl, era igual a 1,33 vezes o valor de Al trocável (meq por 100 g) e as amostras 2 e 18 eram típicas de solos para os quais a NC representava o  $\text{CaCO}_3$  necessário para elevar o total trocável de (Ca + Mg) a 3 meq por 100 g. Em cada caso, ou o Al foi neutralizado ou assegurou-se um suprimento total de 3 meq de (Ca + Mg). Verificou-se ser isto válido para os 20 solos estudados, pelo que o método se mostrou inteiramente satisfatório no que respeita ao critério em que se fundamentava.

Não se verificaram quaisquer mudanças na quantidade de K trocável que pudessem ser atribuídas à incubação com vários níveis de  $\text{CaCO}_3$ . Contudo, os três latossolos roxos (terra roxa) mostraram níveis crescentes de P solúvel com o aumento de pH. Nenhum dos outros solos mostrou este efeito do pH na solubilidade do fósforo. Esse aumento na disponibilidade ou solubilidade do P nativo do solo em terra roxa fôra verificado por Mikkelsen *et al.* (1963) em experimentos de campo em São Paulo.

## DISCUSSÃO

Como foi visto nas seções anteriores, podem-se separar os métodos rápidos de laboratório para estimar a NC em dois grupos perfeitamente distintos. Um

consiste em aplicar calcário para trazer o pH a uma faixa de valores pré-fixada. Exceção feita para o método KCl, todos os outros aqui descritos foram desenvolvidos com o objetivo de estimar a NC para um eficiente controle do pH. Uma outra maneira de resolver o problema de calagem consiste em aplicar calcário até neutralizar o Al trocável e assegurar um suprimento adequado de (Ca + Mg), não importando o pH final que seja alcançado.

Ainda que se admita que o pH do solo não influencia diretamente o desenvolvimento das plantas, representa ele um fator tão intimamente correlacionado com tantos outros que pode ser tomado como o melhor índice indicador do efeito do meio químico total no desenvolvimento das plantas. A disponibilidade do fósforo, nativo ou aplicado, está relacionada com o pH, sendo mais elevada na faixa de 6,0. A disponibilidade de molibdênio aumenta com o aumento de pH. A decomposição da matéria orgânica, e subsequente libertação de elementos acumulados, aumenta com a elevação do pH até próximo de 6,0. A eficiência do processo de fixação simbiótica é dependente do pH em muitas combinações de leguminosa-rhizobium. A disponibilidade de Ca e Mg trocáveis é mais elevada quando a saturação de bases com esses elementos é igualmente mais alta, independentemente das quantidades envolvidas; isto significa que estes nutrientes são mais disponíveis a valores altos de pH, dentro da faixa ácida. Valores de pH de 5,5 para cima garantem uma neutralização completa do Al trocável, mas em muitos solos isto é conseguido a valores mais baixos de pH. Valores de pH próximos a 6,0 representam segurança contra teores tóxicos de Mn.

O argumento mais usado a favor do método do KCl é o fato de se basear nele em fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas. Cria-se, porém, um problema maior omitindo-se, naquela estimativa, o efeito de vários fatores diretos dependentes do pH. Nestas condições, tanto um método de controle do pH quanto o método do KCl podem ser usados na escolha de níveis de calagem em trabalhos experimentais sobre a necessidade em calcário de solos de regiões tropicais. Na opinião dos autores, só a interpretação de maior número de resultados recolhidos em experimentos de campo satisfatoriamente planejados permitirá indicar o melhor dos métodos.

## CONCLUSÕES

Os métodos de Woodruff e de SMP, fazendo uso de soluções tamponizadas, estimaram satisfatoriamente os valores de NC para o controle de pH. Ambos

poderiam ser usados em laboratórios de pesquisa ou análise de solos, mas o método de Woodruff é recomendado por exigir menos reagentes.

As necessidades em calcário estimadas a partir da acidez extraída pelo  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  a pH 7,0 mostraram-se altamente correlacionadas com a NC para pH 5,5, 6,0 ou 6,5. Recomenda-se este método principalmente para uso em laboratórios de pesquisa, mas poderia ser adaptado para fins de análises expeditas.

As necessidades em calcário podem ser satisfatoriamente calculadas a partir das curvas de saturação de bases e pH sempre que se pretenda determinar a NC para controle de pH.

As necessidades em calcário pelo método do KCl são insatisfatórias quando se objetiva um controle do pH, mas mostraram-se perfeitamente adequadas na neutralização do Al trocável e no fornecimento de (Ca + Mg).

#### AGRADECIMENTOS

Pelos recursos financeiros o Instituto de Pesquisa IRI deseja agradecer a assistência prestada pela Aliança para o Progresso através do Ministério da Agricultura e USAID, principalmente, aos Ministros Ney Braga e Stuart van Dyke, Drs. Ady Raul da Silva, Salomão Aronovich, Richard Newberg, Howard Ream e Ervin Bullard.

#### REFERÊNCIAS

- Catani, R.A. & Gallo, J.R. 1955. Avaliação da exigência em calcário dos solos do estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. *Rev. da Agricultura, Piracicaba*, 30:49-60.
- Cate Jr., R.B. 1965. Sugestões para adubação na base de análise de solo: Primeira aproximação. North Carolina State Univ. Int. Soil. Testing Project, Recife, Pernambuco.
- Mehlich, A. 1948. Determination of cation- and anion-exchange properties of soils. *Soil Sci.* 66:429-445.
- Mikkelsen, D.S., Freitas, L.M.M. de & McClung, A.C. 1963. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado, Estado de São Paulo, Brasil. *Bol. 29, Inst. Pesq. IRI.*
- Ministério da Agricultura 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. *Bol. 12, Serv. Nac. Pesq. Agronômicas, Rio de Janeiro.*
- Olsen, S.R. & Dean, L.A. 1965. Phosphorus. Methods of analysis part 2, chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9:1035-1049.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity. Methods of analysis part 2, chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9:905-913.
- Pratt, P.F. & Alvahydo, R. 1966. Característica da permuta de cations de alguns solos do Estado de São Paulo. *Pesq. agropec. bras.* 1:401-406.
- Shoemaker, H.E., McLean, E.O. & Pratt, P.F. 1961. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25:274-277.
- Vettori, L. 1948. Determinação da necessidade de cal dos solos. *Bol. 7c, Inst. Quím. Agrícola, Rio de Janeiro.*
- Woodruff, C.M. 1948. Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. *Soil Sci.* 66:53-63.

### RAPID TESTS FOR ESTIMATING LIME REQUIREMENTS OF SOME SOILS OF SÃO PAULO

#### Abstract

Five rapid laboratory tests for lime requirements (LR) were calibrated against a method in which soils were incubated with  $\text{CaCO}_3$  until a pH equilibrium was attained. The Woodruff and SMP methods, which estimate the LR from the pH depression of buffer solutions in soil-buffer suspensions, satisfactorily estimated the LR for pH control. The SMP buffer, as used in Ohio, gave values that were about double the true values, but was satisfactory when the amount of soil in the suspension was reduced to one-half the original amount. The LR values as measured by the acidity extracted by  $\text{Co}(\text{OAc})_2$  at pH 7 and as estimated from base saturation-pH curves were highly correlated with LR to pH 5.5, 6.0 and 6.5 by incubation. A method based on acidity extracted by KCl and on (Ca+Mg) supply was satisfactory in the neutralization of exchangeable Al and in supplying (Ca+Mg), but gave low correlation with LR for pH control.