

AVALIAÇÃO DA EXIGÊNCIA DE CALCÁRIO DO SOLO<sup>1</sup>R.A. Catani<sup>2</sup>O. Alonso<sup>3</sup>

## RESUMO

Foram estudados quatro métodos de avaliação da exigência de calcário de diversos solos, pertencendo a maioria a séries bem caracterizadas do Município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Serviu como referência o método de incubação, segundo o qual 20 amostras foram tratadas com cinco doses de carbonato de cálcio puro, perfazendo um total de 100 amostras. Verificou-se que o método baseado na extração de hidrogênio ou prótons dos diversos componentes da acidez do solo, com solução 1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0, é o mais simples, rápido e sensível, e forneceu um coeficiente de correlação  $r = 0,92$ , quando comparado com o método de incubação. O método que emprega a solução tampão SMP, e que também extrai hidrogênio ou prótons dos diversos componentes da acidez do solo, também foi eficiente ( $r = 0,90$ ). O método baseado na elevação da saturação em bases a 85%, calculando-se a capacidade de troca de cátions CTC ou  $t$ , levando-se em conta o hidrogênio extraído com solução 1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0, apresentou o coeficiente de correlação mais elevado ( $r = 0,96$ ). Finalmente, o método baseado na extração do alumínio trocável com solução 1 N de KCl, relacionado à exigência de calcário para atingir o pH = 5,7, determinada por incubação, apresentou um coeficiente de correlação  $r = 0,72$ .

## INTRODUÇÃO

Há muito que se procura estabelecer testes ou métodos rápidos de se avaliar a exigência de calcário do solo. Como a exigência de calcário não constitui ou não está ligada a uma característica química ou físico-química definida do solo, as

---

<sup>1</sup> Entregue para publicação em 16/12/1969.

<sup>2</sup> Cadeira de Química Analítica e Físico-Química. E.S.A. "Luiz de Queiroz". USP.

<sup>3</sup> Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

tentativas de se estabelecer um método adequado e expedito têm sido numerosas. Diversos autores têm apresentado revisões bibliográficas sobre o assunto e dentre as executadas nos últimos 15 anos, merecem destaque as de JACKSON (1958); SEATZ & PETERSON (1964); PEECH (1965) e COLEMAN & THOMAS (1967).

O solo pode apresentar diversos sistemas doadores de íons de hidrogênio ou prótons, denominados componentes da acidez do solo, que podem ocorrer em proporções variáveis, dependendo de vários fatores (JACKSON, 1963; McLEAN & OUTROS, 1964 e 1965; COLEMAN & THOMAS, 1967; BRAUNER & CATANI, 1967 e PIONKE & COREY, 1967).

Os íons de hidrogênio ou prótons ( $H^+$  ou  $H_3O^+$ ) e os íons monômeros de alumínio hexahidratados,  $Al(H_2O)_6^{3+}$ , ambos adsorvidos às partículas coloidais do solo, são os componentes mais ativos da acidez. Como a quantidade de hidrogênio iônico é muito pequena, costuma-se denominar alumínio trocável a soma desses dois componentes. Os íons polímeros de alumínio e de ferro, os grupos carboxilos e fenólicos, apesar de menos efetivos, são também componentes de importância da acidez do solo (CATANI & ALONSO, 1969).

A adição de calcário ao solo pode ter como objetivo eliminar apenas os íons monômeros de alumínio adsorvidos ou alumínio trocável (KAMPRATH, 1967), cuja extração é feita com solução 1 N de KCl (COLEMAN, WEED & McCRAKEN, 1959; LIN & COLEMAN, 1960; PRATT & BAIR, 1961; ZUÑIGA & CATANI, 1967). Como a partir do valor de 5,5 a 5,7 do pH do solo já não existe mais alumínio trocável, a quantidade de calcário recomendada fundamenta-se no fato de que 1 e.mg por 100 g de solo exige 1 tonelada de calcário por hectare, por 15 cm de profundidade. Esse valor é multiplicado por um fator 1,5 a 2,0, para efeito de recomendação prática, a fim de compensar as deficiências decorrentes do grau de finura e de perdas do material neutralizante. Adicionando a quantidade de calcário assim calculada, a elevação do teor de cálcio mais magnésio do solo seria suficiente para suprir as exigências dos vegetais cultivados nos citados nutrientes (KAMPRATH, 1967).

Quando a adição de calcário tem como objetivo elevar o pH a um certo valor, compreendido entre 6,3 a 6,5, a quantidade de calcário é maior, porque além dos íons alumínio trocável, os outros componentes de acidez, isto é, os íons polímeros de alumínio e os grupos carboxilos e fenólicos, vão ser neutralizados em maior ou menor proporção, dependendo de certos fatores. As vantagens decorrentes da elevação do pH do solo a

6,3 -6,5, além de eliminar o alumínio trocável, seriam de assegurar uma disponibilidade máxima do fósforo do solo (nativo ou aplicado), além de favorecer outros fenômenos de interesse à fertilidade do solo. Em contrapartida, além de outros inconvenientes, a aplicação de calcário para elevar o pH a 6,5, teria a desvantagem de exigir uma quantidade muito maior, do que a necessária para eliminar apenas o alumínio trocável.

Todos os métodos que procuram avaliar a exigência de calcário do solo, a fim de elevar o seu pH a 6,5, ou valores próximos, fundamenta-se na extração de prótons dos diversos componentes da acidez do solo e posterior determinação por métodos diversos (WOODRUFF, 1947 e 1948; VETTORI, 1948; CATANI & GALLO, 1955; SHOEMAKER, McLEAN & PRATT, 1961; FREITAS, PRATT & VETTORI, 1968).

O presente trabalho teve como objetivo o estudo de vários métodos de avaliação da exigência de calcário de numerosas amostras de solos, cujas curvas de neutralização da acidez foram estabelecidas através de incubação com diversas doses de carbonato de cálcio puro.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

O material constituiu-se de 20 amostras, sendo 16 de horizontes de superfície e sub-superfície de perfis de 7 séries de solos do Município de Piracicaba, S.P., Brasil (RANZANI, FREIRE & KINJO, 1966) e de 4 amostras de horizontes de superfícies e de sub-superfícies do solo pertencente à variação Latosólico-Vermelho-Amarelo-fase arenosa sem especificação da série. As características gerais das amostras estudadas acham-se resumidas no Quadro 1.

As características químicas mais importantes das citadas amostras são apresentadas no Quadro 2.

### Métodos

a) Incubação - As amostras dos solos descritos foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha. De cada um dos solos estudados, foram transferidas 5 porções de 100 g para recipientes de plástico. Carbonato de cálcio p.a. ( $\text{CaCO}_3$ ) foi adicionado na proporção de 100, 200, 300 e 400 mg (2, 4, 6 e 8 ton/ha/15 cm) misturando-se com cuidado. As misturas receberam 30 ml de água destilada e os recipientes de plástico contendo as amostras de terra foram tarados e cobertos de

QUADRO 1 - Características gerais das amostras dos solos estudados

Número da Amostra	Grande Grupo	Série	Horizonte	Profundidade cm	Classe Textural
1	Podzólico	Anhumas	Ap	00-50	Barro arenoso
2	Podzólico	Anhumas	B/C	50-70	Barro arenoso
3	Podzólico	Artemis	B <sub>22</sub>	55-83	Barro argiloso
4	Podzólico	Cruz Alta	Ap	00-15	Areia
5	Podzólico	Cruz Alta	A <sub>3</sub> /B <sub>1</sub>	15-40	Areia
6	Podzólico	Gibóia	B <sub>2</sub>	50-80	Barro argiloso
7	Podzólico	Godinhas	Ap	00-25	Barro limoso
8	Podzólico	Godinhos	A <sub>12</sub>	25-50	Barro limoso
9	Podzólico	Godinhos	A <sub>2</sub>	50-70	Barro limoso
10	Podzólico	Godinhos	A <sub>3</sub> /B <sub>1</sub>	70-80	Barro-argilo-arenoso
11	Podzólico	Godinhos	B <sub>2</sub>	80-100	Argila
12	Latosólico	Guamium	Ap	00-10	Argila
13	Latosólico	Guamium	B <sub>1</sub>	10-20	Argila
14	Latosólico	Guamium	B <sub>2</sub>	20-70	Argila
15	Latosólico	Guamium	B <sub>3</sub>	70-120	Argila
16	Latosólico	Paredão Vermelho	Ap	00-20	Barro arenoso
17	Latosólico	?	Ap	00-25	Barro arenoso
18	Latosólico	?	A <sub>2</sub>	25-50	Barro arenoso
19	Latosólico	?	Ap	00-30	Barro arenoso
20	Latosólico	?	A <sub>2</sub>	30-60	Barro arenoso

QUADRO 2 - Algumas características químicas das amostras estudadas

Nº	pH (a)	C %	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (b)	Al <sup>3+</sup> (b)	K <sup>+</sup> (c)	H <sup>+</sup> (d)
1	5,10	0,77	0,32	2,06	0,05	4,71
2	4,95	0,28	0,36	2,17	0,04	3,30
3	5,00	0,20	1,40	0,66	0,04	1,77
4	4,95	0,42	0,94	1,86	0,19	3,56
5	4,90	0,29	0,36	3,32	0,19	3,93
6	5,15	0,18	1,47	1,72	0,06	2,30
7	4,20	0,94	2,08	3,80	0,18	7,07
8	4,60	0,90	1,60	3,43	0,10	7,56
9	4,70	0,65	1,60	3,34	0,09	5,68
10	4,65	0,56	1,60	4,80	0,09	6,99
11	4,45	0,37	0,66	5,08	0,10	7,07
12	4,80	0,60	1,75	0,76	0,06	5,43
13	4,75	1,10	2,59	0,81	0,05	6,17
14	4,70	0,98	1,60	1,14	0,05	6,48
15	4,85	0,73	1,00	1,17	0,03	6,79
16	5,30	0,73	0,80	0,40	0,04	2,11
17	4,90	0,54	0,33	0,69	0,09	2,61
18	4,85	0,50	0,29	0,65	0,08	2,50
19	5,00	0,44	0,29	0,61	0,06	2,42
20	5,15	0,42	0,29	0,56	0,07	2,23

- (a) pH determinado em suspensão aquosa, obtida com 1 parte em peso de solo e 2,5 partes em volume de água destilada.
- (b) Cálcio mais magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com solução 1 N de KCl, expressos em e.mg/100 g de solo.
- (c) Potássio trocável, extraído com solução 0,05 N de HNO<sub>3</sub>.
- (d) Hidrogênio ou prótons extraídos com solução 1 N de acetato de cálcio, com pH = 7,0, e expressos em e.mg/100 g de solo.

maneira a evitar a entrada de materiais estranhos, mas permitindo a saída de  $\text{CO}_2$ . De dois em dois dias, a água evaporada foi repostada através do controle do peso de cada recipiente. De cada amostra de solo conservou-se uma prova em branco ou testemunha. Decorridos 40 dias, após a instalação do experimento, todas as amostras (100) foram analisadas nas seguintes características: pH em suspensão aquosa (1:2,5), cálcio mais magnésio e alumínio, extraídos com solução 1 N de KCl, e hidrogênio extraído com solução 1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0.

Conhecidos os valores do pH das amostras, após a incubação, e das quantidades de carbonato de cálcio adicionadas, estabeleceu-se uma relação entre as duas citadas variáveis, para cada amostra de solo.

Os métodos analíticos empregados já foram descritos em outros trabalhos. Assim, a extração do cálcio mais magnésio e do alumínio foi executada na proporção de 10 g de terra para 100 ml de solução 1 N de KCl (BRAUNER, CATANI & BITTENCOURT, 1966; ZUÑIGA & CATANI, 1967). A determinação do cálcio mais magnésio foi feita por quelatometria (EDTA), a do alumínio e da acidez titulável (extraídos com KCl) por colorimetria e alcalimetria, respectivamente. Considerou-se a acidez titulável, isto é, a acidez extraída com solução 1 N de KCl, como sendo alumínio trocável, para efeito do presente trabalho.

b) Extração de hidrogênio com solução 1 N de acetato de cálcio, com pH = 7,0 - A extração de hidrogênio ou prótons com solução 1 N de acetato de cálcio, com pH = 7,0, foi conduzida com 5,0 g de terra e 100 ml de solução extratora, agitando-se 15 minutos e filtrando. Em seguida, titulou-se a acidez em uma alíquota de 50 ml, procedendo-se de modo semelhante com uma prova de branco (CATANI, GALLO & GARGANTINI, 1955). Pode-se admitir que essa solução extrai hidrogênio ou prótons do íon monômero de alumínio e uma elevada proporção de hidrogênio ou prótons dos íons polímeros de alumínio e dos carboxilos de ácidos orgânicos.

Os dados obtidos, expressos em e.mg de hidrogênio por 100 g de cada amostra de terra, foram relacionados com a quantidade de carbonato de cálcio necessária para elevar o pH a 6,5, de acordo com o experimento de incubação. Estabeleceu-se, assim, uma relação entre as duas variáveis mencionadas.

c) Extração de hidrogênio com solução tampão SMP - A extração de hidrogênio ou prótons com solução tampão e a determinação do pH foram conduzidas segundo a técnica recomendada

por SMP, isto é, SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (1961). A solução tampão foi preparada de maneira a conter em 1 litro, 1,8 g de para-nitrofenol; 2,5 ml de trietanolamina; 3,0 g de cromato de potássio; 2,0 g de acetato de cálcio monohidratado e 53,1 g de cloreto de cálcio dihidratado. O pH da solução foi ajustado a 7,5 com NaOH. Esta solução tampão extrai hidrogênio ou prótons de todos os componentes da acidez do solo e em proporções semelhantes à solução de acetato de cálcio.

A técnica seguida, consistiu na transferência de 5,0 g de solo, para um copo de 50 ml, adição de 5 ml de água destilada, 10 ml de solução tampão, agitação intermitente durante 20 minutos e leitura do pH em potenciômetro sensível a 0,05 unidade de pH (foi utilizado aparelho Metrohm, modelo E-396-B). Os dados obtidos referentes ao pH da solução tampão, após o contato com as amostras de terras, foram relacionados com a quantidade de carbonato de cálcio do experimento de incubação.

d) Saturação em bases - Conhecidos os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e de hidrogênio (ou prótons), extraído com solução 1 N de acetato de cálcio com pH = 7,0, calculou-se a porcentagem de saturação de bases i% ou V%, considerando-se s ou S a soma  $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$  e a capacidade de troca de cátions, CTC ou t, a soma dos três cátions metálicos com o hidrogênio extraído com solução de acetato de cálcio 1 N. Levando-se em conta os dados obtidos, sobre a correlação existente entre o pH e a porcentagem de saturação de bases, no presente estudo e nos demais trabalhos publicados para os solos do Estado de São Paulo (CATANI & GALLO, 1955; COMISSÃO DE SOLOS, 1960; RAIJ, SACCHETTO & IGUE, 1968), pode-se aceitar que a saturação de bases de 85% corresponde a um valor desejável e a um pH em torno de 6,5. O número de e.mg de bases que deve ser adicionado a 100 g de solo, ou o número de toneladas de carbonato de cálcio por hectare e a 15 cm de profundidade, foi calculado de maneira a elevar a porcentagem de saturação de bases a 85%, considerando-se o valor da capacidade de troca de cátions de cada amostra. Os dados assim calculados foram correlacionados com a quantidade de carbonato de cálcio necessária para elevar o pH a 6,5, de conformidade com o experimento de incubação já descrito.

Outra maneira de calcular a porcentagem de saturação de bases seria a fundamentada na capacidade de troca de cátions CTC ou T, baseada na soma de cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocáveis, isto é, o hidrogênio ou prótons dos íons polímeros de alumínio, dos carboxilos dos ácidos orgânicos, etc, não são computados. No entanto, como o valor da CTC, assim calculado, é bem menor do que o que tem por base o uso de solução 1 N de

acetato de cálcio pH = 7,0, e ainda mais, como o teor de alumínio trocável decresce ou se anula a pH 5,5 a 5,7, resultam valores elevados, 90 a 100%, para a porcentagem de saturação de bases de solos, cujo pH não vai além de 5,7. Portanto, trata-se de um método que não permite avaliar a exigência de calcário do solo para elevar o pH a valores maiores do que 5,8.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Incubação - Os dados obtidos, através de experimento de incubação, permitiram calcular, por interpolação, as quantidades de calcário necessárias para elevar o pH das 20 amostras estudadas aos valores 5,5, 5,7, 6,0 e 6,5, conforme mostra o Quadro 3.

Relacionando a quantidade de carbonato de cálcio necessária para atingir o pH 5,5 e 5,7, com o teor respectivo de alumínio trocável, os valores do coeficiente de correlação  $r$  e as equações de regressão obtidas, 1 e 2, foram as seguintes:

pH	Equação de regressão	Coeficiente de correlação $r$
5,5	$Y_1 = 1,19x - 0,36$ ( <u>1</u> )	0,74*** (significativo ao nível de 0,001)
5,7	$Y_2 = 1,22x + 0,08$ ( <u>2</u> )	0,72*** (significativo ao nível de 0,001)

Nas duas equações de regressão, 1 e 2,  $x$  representa o teor de alumínio trocável em e.mg por 100 g de terra (extraído com solução 1 N de KCl) e  $Y_1$  e  $Y_2$ , as quantidades de carbonato de cálcio necessárias para elevar o pH do solo aos valores 5,5 e 5,7, respectivamente. Os dois valores do coeficiente de correlação  $r$ , apesar de não serem elevados, foram significativos mesmo ao nível de probabilidade 0,001.

A equação calculada para o pH 5,7 parece ser mais adequada ou real do que para pH 5,5. Assim, o pH 5,7 será atingido com uma quantidade de carbonato de cálcio igual a 1,22 vezes o teor de alumínio trocável, em e.mg/100 g de terra, mais 0,080, em toneladas. Para o pH 5,5, a quantidade de carbonato de cálcio será 1,19 vezes o teor de alumínio trocável, menos 0,36, em toneladas.

Deve ainda ser mencionado que relacionando o pH ( $x$ ) da suspensão aquosa (1:2,5) com o teor de alumínio trocável ( $Y$ ) de



QUADRO 3 - Quantidade de carbonato de cálcio puro (CaCO<sub>3</sub>), em toneladas/hectare/15 cm, necessária para elevar o pH do solo aos valores indicados. Experimento de incubação.

Amostra nº	pH 5,5	pH 5,7	pH 6,0	pH 6,5
	ton.	ton.	ton.	ton.
1	2,3	3,3	3,6	4,7
2	1,4	2,0	2,5	3,0
3	0,5	0,7	1,0	1,5
4	1,0	1,4	2,0	2,6
5	1,7	2,1	2,6	3,2
6	0,6	0,9	1,3	2,2
7	4,6	5,2	6,0	7,4
8	3,2	3,8	4,7	5,7
9	2,8	3,3	4,1	5,7
10	3,4	4,0	5,3	7,3
11	5,1	5,6	6,4	7,7
12	2,0	2,6	3,6	5,7
13	2,0	2,8	4,0	6,0
14	2,5	3,0	4,0	6,1
15	2,1	2,8	4,0	6,0
16	0,3	0,6	1,1	1,9
17	1,2	1,6	2,2	3,1
18	1,0	1,3	1,8	2,6
19	0,8	1,1	1,7	2,7
20	0,7	1,1	1,8	2,6

tôdas as amostras (36), que apresentaram o citado íon após o período de incubação, a equação de regressão (3) obtida e o coeficiente de correlação obtidos foram os seguintes:

$$Y = - 2,49x + 14,11 \text{ (3)}; \quad r = - 0,70^{***} \text{ (significativo ao nível de 0,001)}$$

Na equação da regressão 3, fazendo-se Y ou o teor de alumínio trocável igual a zero, o valor de x, ou o pH será 5,67 ou 5,7. Então, o valor mínimo do pH do solo determinado na suspensão (1: 2,5), em que não há alumínio trocável, é 5,7 para as 36 amostras consideradas.

b) Extração de hidrogênio ou prótons com solução 1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0 - Os dados obtidos referentes ao teor de hidrogênio ou prótons (x) extraídos com solução 1 N de acetato de cálcio (pH = 7,0), relacionados com a exigência em carbonato de cálcio (Y), para elevar o pH do solo a um valor 6,5, determinada por incubação, podem ser resumidos pela equação de regressão 4, calculada através de 51 amostras (cujo pH 6,5).

$$Y = x - 0,54 \text{ (4)}; \quad r = 0,92^{***} \text{ (significativo ao nível de 0,001)}$$

A equação 4 esclarece que basta determinar o hidrogênio extraído com solução 1 N de acetato de cálcio (x), subtrair 0,54 e se obtém Y, a quantidade de calcário em toneladas que deve ser adicionada a 1 hectare para elevar o pH do solo a 6,5, a profundidade de 15 cm. Como se trata de um método muito simples e rápido, julga-se que a sua adoção deverá se generalizar.

c) Solução tampão SMP - Os dados obtidos concernentes à relação entre o valor do pH que adquiriu a solução tampão de SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (1961), x, quando em contato com as amostras de solo, e a exigência em carbonato de cálcio, Y, para elevar o pH do solo a 6,5, determinada por incubação, podem ser condensados pela equação de regressão 5, calculada para 43 amostras (cujo pH da solução tampão apresentou um valor 6,9 ou menor, após o contato com o solo).

$$Y = - 6,05 \text{ pH} + 42,56 \text{ (5)}; \quad r = - 0,90^{***} \text{ (significativo ao nível de 0,001)}$$

A partir da equação 5, foram calculados os dados do Quadro 4.

QUADRO 4 - Relação entre o pH da solução tampão SMP (em contato com o solo) e a quantidade de carbonato de cálcio necessária para elevar o pH do solo a 6,5 (1 ha a 15 cm de profundidade)

pH da solução tampão SMP	Tonelada de CaCO <sub>3</sub> puro ha/15 cm
6,90	0,8
6,85	1,1
6,80	1,4
6,75	1,7
6,70	2,0
6,65	2,3
6,60	2,6
6,55	2,9
6,50	3,2
6,45	3,5
6,40	3,8
6,35	4,1
6,30	4,4
6,25	4,8
6,20	5,1
6,15	5,4
6,10	5,7
6,05	6,0
6,00	6,3
5,95	6,6
5,90	6,9
5,85	7,2
5,80	7,5

Vê-se pelos dados do Quadro 4, que a variação de 0,1 unidade do pH da suspensão do solo na solução tampão utilizada (SMP), corresponde a uma variação de 0,6 tonelada na exigência de carbonato de cálcio puro, pelo solo.

Uma vez que os métodos que utilizam solução tampão dos tipos preconizados por WOODRUFF (1947 e 1948), por SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (1961) e o método que se fundamenta no emprego da solução 1 N de acetato de cálcio com pH = 7,0, são extratoras de prótons do solo, julgou-se que haveria interesse em se comparar os dados obtidos pelos citados métodos. Assim, os dados obtidos referentes à exigência de carbonato de cálcio, determinada pelo método de SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (1961),  $\underline{Y}$ , foram comparados com os obtidos através do método baseado em extração de hidrogênio, com solução 1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0,  $\underline{x}$ , em 43 amostras dos solos estudados. A equação de regressão  $\underline{6}$ , condensa o resultado da comparação efetuada.

$$Y = 1,19x - 0,76 \text{ (6)}; \quad r = 0,97^{***} \text{ (significativo ao nível de } 0,001)$$

O valor elevado do coeficiente de correlação ( $r = 0,97$ ) e a equação de regressão evidenciam que as duas soluções mencionadas extraíram quantidades aproximadamente equivalentes de prótons dos diversos componentes da acidez das amostras dos solos estudados.

d) Saturação em bases - Os dados calculados para o número de equivalentes-miligramas de bases que deve ser adicionado a 100 g de solo, ou o número de toneladas de carbonato de cálcio, que deve ser adicionado a 1 hectare, a profundidade de 15 cm,  $\underline{x}$ , para elevar a porcentagem de saturação de bases a 85%, foram relacionados com a exigência de carbonato de cálcio,  $\underline{Y}$ , para elevar o pH do solo a 6,5, determinada por incubação. A equação de regressão  $\underline{7}$ , calculada através de 51 amostras, representa a relação entre as duas variáveis citadas.

$$Y = 1,13x + 0,30 \text{ (7)}; \quad r = 0,96^{***} \text{ (significativo ao nível de } 0,001).$$

Vê-se que o valor do coeficiente de correlação, 0,96, foi o mais elevado dentre os métodos estudados.

## CONCLUSÕES

1 - Tomando-se como referência o método de incubação do solo com carbonato de cálcio, a avaliação da exigência de calcário para elevar o pH do solo a 6,5 foi feita com eficiência, através dos métodos:

a) Extração de hidrogênio ou prótons, dos diversos componentes da acidez do solo, com solução 1 N de acetato de cálcio, com pH = 7,0, e posterior titulação com solução 0,02 N de NaOH, fornecendo um coeficiente de correlação  $r = 0,92$ .

b) Extração de hidrogênio ou prótons dos diversos componentes de acidez do solo com solução tampão SMP, com pH original 7,5, e determinação posterior do pH da suspensão do solo ( $r = -0,90$ ).

c) Elevação da porcentagem de saturação em bases a 85%, calculando-se a capacidade de troca de cátions CTC ou t, através da soma de cálcio, magnésio, potássio trocáveis e hidrogênio ou prótons extraídos com solução 1 N de acetato de cálcio, com pH = 7,0 ( $r = 0,96$ ).

2 - Relacionando-se a exigência de calcário, avaliada pelos métodos descritos nos itens a e b, o valor do coeficiente de correlação e a equação de regressão calculados, evidenciaram que as duas soluções (1 N de acetato de cálcio, pH = 7,0, e SMP) extraíram quantidades equivalentes de prótons dos diversos componentes da acidez das amostras dos solos estudados.

3 - Dos três métodos citados, o descrito no item a é rápido, simples, sensível e pode ser empregado em análises de rotina.

4 - A avaliação da exigência de calcário através da acidez extraída pela solução 1 N de KCl (alumínio trocável), relacionada à exigência de calcário para atingir o pH = 5,7, determinada por incubação, apresentou um coeficiente de correlação  $r = 0,72$ .

## SUMMARY

Twenty soil samples were incubated with pure calcium carbonate at the rates of 0 - 2 - 4 - 6 and 8 tons per hectare, giving a total of 100 samples. These 100 samples were analyzed for pH, exchangeable calcium, magnesium, potassium and

aluminum, hydrogen extracted with 1 N calcium acetate solution pH = 7.0, etc. Four rapid laboratory methods for lime requirement were applied to the incubated samples in order to establish relationships between them. The lime requirement as measured by the acidity extracted by 1 N calcium acetate solution, by the SMP method and by the base saturation-pH curves (85% base saturation) showed to be correlated with the lime requirement to pH 6.5 by incubation ( $r = 0.92$ ;  $r = -0.90$  and  $r = 0.96$ , respectively). The lime requirement as measured by the acidity extracted by 1 N KCl solution (exchangeable aluminum) related to the lime requirement to pH = 5.7, by incubation, presented a correlation coefficient 0.72.

#### LITERATURA CITADA

- BRAUNER, J.L., R.A. CATANI & W.C. BITTENCOURT, 1966. Extração e determinação do alumínio trocável do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 23: 54-73.
- BRAUNER, J.L. & R.A. CATANI, 1967. Variação no teor de alumínio trocável do solo, influenciada pela aplicação de carbonato de cálcio. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 24: 57-69.
- CATANI, R.A. & J.R. GALLO, 1955. Avaliação da exigência de cálcio dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. de Agricultura, Piracicaba, 30: 49-60.
- CATANI, R.A., J.R. GALLO & H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, Métodos de Análise, Interpretação e Indicações Gerais para Fins de Fertilidade. Boletim nº 69. Instituto Agrônomo de Campinas. 29 pp.
- CATANI, R.A. & O. ALONSO, 1969. Extração do alumínio trocável e o pH do solo. Trabalho apresentado ao XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Curitiba, julho de 1969) e no prelo dos Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", vol. 26 (1969).
- COLEMAN, N.T., S.B. WEED & R.J. MCKRACKEN, 1959. Cation exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 146-149.

- COLEMAN, N.T. & G.W. THOMAS, 1967. The Basic Chemistry of Soil Acidity. Em: Soil Acidity and Liming. Editado por R.W. Pearson & F. Adams. American Soc. of Agronomy Inc. Publishers. Madison. Wisconsin. USA. pp. 1-41.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Boletim nº 12. Rio de Janeiro, Brasil. 634 pp.
- FREITAS, L.M.M., P.F. PRATT & L. VETTORI, 1968. Testes rápidos para estimar as necessidades em calcário de alguns solos de São Paulo. *Pesq. agrop. bras.*, 3: 159-164.
- JACKSON, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J., 498 pp.
- JACKSON, M.L., 1963. Aluminum bonding in soils: A unifying principle in Soil Science. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 27: 1-10.
- KAMPRATH, E.J., 1967. A Acidez do Solo e a Calagem. Boletim Técnico nº 4 da Série Internacional de Análises de Solos. Est. Exp. Agric. Univ. Estadual da Carolina do Norte. Estados Unidos. Traduzido por O. Muzelli e R. E. Kalckmem. 23pp.
- LIN, C. & N.T. COLEMAN, 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soils and clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24: 444-446.
- McLEAN, E.O. & OUTROS, 1964. Aluminum in soils: V. Form of aluminum as a cause of soil acidity and a complication in its measurement. *Soil Sci.*, 97: 119-126.
- McLEAN, E.O. & OUTROS, 1965. Aluminum in soils: VII. Interrelationships of organic matter, liming and extractable aluminum with "permanent charge" (KCl) and pH dependent cation-exchange capacity of surface soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 29: 374-378.
- PEECH, M., 1965. Lime Requirement. Em: Methods of Soil Analysis. Part 2. Editado por C.A. Black. American Soc. of Agronomy Inc. Publisher. Madison. Wisconsin. USA. pp. 927-932.

- PIONKE, H.B. & R.B. COREY, 1967. Relations between acidic aluminum and soil pH, clay, and organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31: 749-752.
- PRATT, P.F. & F.L. BAIR, 1961. A comparison of the reagents for the extraction of aluminum from soils. Soil Sci., 91: 357-359.
- RAIJ, B. VAN, M.T.D. SACCHETTO & T. IGUE, 1968. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. Bragança, 27: 193-200.
- RANZANI, G., O.FREIRE & T.KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. ESALQ. USP. Piracicaba. (mimeografado) 85 pp.
- SEATZ, L.F. & H.B. PETERSON, 1964. Acid Alkaline, Saline and Sodie Soils. Em: Chemistry of the Soil. Editado por F. E. Bear. 2ª Edição. Reinhold Publ. Corp. New York. pp. 292-319.
- SHOEMAKER, H.E., E.O. McLEAN & P.F. PRATT, 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. 74. Instituto de Química Agrícola. Rio de Janeiro.
- WOODRUFF, C.M., 1947. Determination of exchangeable hydrogen and lime requirement of the soil by means of the glass electrode and a buffered solution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 12: 141-142.
- WOODRUFF, C.M., 1948. Testing soils for lime requirements by means of a buffered solution and the glass electrode. Soil Sci., 66: 53-63.
- ZUÑIGA, A.A.T. & R.A. CATANI, 1967. Extração de diversos íons do solo com solução normal de KCl. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 24: 289-313.