

AVALIAÇÃO DA EXIGÊNCIA DE CALCÁRIO DO SOLO ATRAVÉS DE SOLUÇÕES TAMPÃO *

R. A. CATANI **

A. O. JACINTHO **

E. M. TIBA ***

RESUMO

Foram estudadas as soluções tampão SMP original, SMP (1 + 1), Woodruff (1 + 2), acetato de cálcio 0,50 N — 0,25 N e 0,125 N para avaliar a exigência de calcário de diversas amostras de solos.

As amostras de solos foram submetidas à incubação com quantidades variáveis de carbonato de cálcio. Os dados obtidos permitiram estabelecer as curvas de neutralização e daí calcular a quantidade de carbonato de cálcio necessária para elevar o pH de cada solo a 6,40.

Colocando-se as amostras de solos em contato com as diversas soluções tampão, o pH das soluções mudou de valor. Relacionando o valor do pH das soluções tampão, após o contato com as amostras de solos, com a quantidade de calcário necessária para elevar o pH a 6,40, das mesmas amostras, foram estabelecidas 12 equações de regressão, cujo coeficiente de correlação r apresentou um valor significativo ao nível de 0,1%, em todos os casos.

INTRODUÇÃO

A avaliação da exigência de calcário para elevar o pH de um solo a um valor determinado pode ser feita através de vários métodos e técnicas (SEATZ & PETERSON, 1964; PEECH, 1965; COLEMAN & THOMAS, 1967; FREITAS, PRATT & VETTORI, 1968; CATANI & ALONSO, 1969).

Os métodos baseados na correlação entre o pH que uma solução tampão adquire, quando em contato com a amostra de solo, e a exigência de um calcário do solo em questão para que o seu pH atinja um certo valor (6,3 a 6,5) pré-determinado em ensaios de incubação, apresentam certas vantagens que recomendam um estudo mais adequado dos mesmos.

* Entregue para publicação em 29/12/72.

** Departamento de Química da ESALQ.

*** Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

As características, capacidade tampão e tipo de variação do pH (linear ou não linear) à adição de quantidades conhecidas de ácidos, de várias soluções também, já foram estudados (CATANI, JACINTHO & PIZZINATTO, 1972).

O presente trabalho tem por objetivo o estudo da avaliação da exigência de calcário de várias amostras de solos através do uso de diversas soluções tampão.

MATERIAL E MÉTODOS

O material constituiu-se de seis (6) horizontes de solos do município de Piracicaba, SP, Brasil, cujas características gerais são apresentadas no quadro 1 (RANZANI, FREIRE & KINJO, 1966).

QUADRO 1 — Características gerais dos horizontes dos solos estudados.

Solo	Grupo Grande	Série	Horizonte	Profundidade (cm)	Classe Textural
1	Latosólico	Iracema	Ap	00—20	Argila
2	Latosólico	Guamium	Ap	00—10	Argila
3	Latosólico	Guamium	B ₁	10—20	Argila
4	Podzólico	Godinhos	Ap	00—25	Barro limoso
5	Podzólico	Godinhos	A ₂	50—70	Barro limoso
6	Podzólico	Cruz Alta	Ap	00—15	Areia

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

QUADRO 2 — Características químicas mais importantes dos solos estudados.

Solo	pH (a)	C %	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (b)	Al ³⁺ (b)	K + (c)	PO ³⁻ (c)
1	4,80	1,18	1,65	1,35	0,16	0,09
2	4,80	1,63	1,90	1,20	0,14	0,03
3	4,85	1,23	1,20	1,45	0,18	0,03
4	4,75	0,57	2,00	2,60	0,16	0,20
5	4,70	0,80	1,70	3,15	0,28	0,15
6	4,85	0,28	1,25	1,60	0,24	0,37

(a) — pH determinado em suspensão aquosa obtida com uma parte em peso de solo e 2,5 partes em volume de água destilada (CATANI & ALONSO, 1969).

(b) — Cálcio mais magnésio e alumínio trocáveis extraídos com solução 1 N de KCl e expressos em e.mg/100 g de solo (ZUNIGA & CATANI, 1967).

(c) Potássio trocável e fósforo solúvel extraídos com solução de H₂SO₄ 0,05 N e expressos em e.mg/100 g de solo (CATANI & BITTENCOURT, 1972).

Curva de neutralização do solo através de incubação com carbonato de cálcio

De cada um dos solos descritos, foram retiradas 5 amostras de 200 gramas, que depois de preparadas convenientemente foram tratadas com 0 (zero) — 200 — 400 — 600 e 800 miligramas de carbonato de cálcio p.a. (que correspondem respectivamente a 0 — 2 — 4 — 6 e 8 toneladas de CaCO₃ por hectare à profundidade de 15 cm), fornecendo um total de 30 amostras. As 30 amostras são constituídas de: 5 correspondentes ao solo 1 ou **1a** — **1b** — **1c** — **1d** e **1e**; 5 correspondentes ao solo 2 ou **2a** — **2b** — **2c** — **2d** e **2e** e assim por diante até as amostras **6a** — **6b** — **6c** — **6d** e **6e**, conforme mostram os quadros 3 e 4.

As amostras, depois de misturadas com carbonato de cálcio, ficaram incubadas com umidade conveniente durante 40 dias, tempo suficiente para a ação do carbonato e estabilização do pH (CATANI & ALONSO, 1969; CATANI, ALCARDE & FURLANI, 1970; CATANI, ALCARDE & KROLL, 1971; CATANI, GLÓRIA & VITTI, 1971).

Após o período de incubação, determinou-se o pH de todas as amostras e estabeleceu-se uma curva de neutralização para cada solo, colocando-se no eixo das abcissas a quantidade de calcário

adicionada, em tonelada por hectare, por 15 cm de profundidade, e no eixo das ordenadas os respectivos valores do pH, determinados.

QUADRO 3 — Descrição das amostras dos solos latosólicos (Ap da Série Iracema e Ap e B₁ da Série Guamium) e respectivos tratamentos com carbonato de cálcio.

Amostra N.º	Solo	Quantidade de carbonato de cálcio adicionada	
		Em mg/200g de solo	Em ton/ha/15cm
1a	Ap da Série Iracema (Latosólico)	0	0
1b	"	200	2
1c	"	400	4
1d	"	600	6
1e	"	800	8
2a	Ap da Série Guamium (Latosólico)	0	0
2b	"	200	2
2c	"	400	4
2d	"	600	6
2e	"	800	8
3a	B ₁ da Série Guamium (Latosólico)	0	0
3b	"	200	2
3c	"	400	4
3d	"	600	6
3e	"	800	8

QUADRO 4 — Descrição das amostras dos solos podzólicos (Ap e A₂ da Série Godinhos e Ap da Série Cruz Alta) e respectivos tratamentos em carbonato de cálcio.

Amostra N.º	Solo	Quantidade de carbonato de cálcio adicionada	
		Em mg/200g de solo	Em ton/ha/15cm
4a	Ap da Série Godinhos (Podzólico)	0	0
4b	"	200	2
4c	"	400	4
4d	"	600	6
4e	"	800	8
5a	A ₂ da Série Godinhos (Podzólico)	0	0
5b	"	200	2
5c	"	400	4
5d	"	600	6
5e	"	800	8
6a	Ap da Série Cruz Alta (Podzólico)	0	0
6b	"	200	2
6c	"	400	4
6d	"	600	6
6e	"	800	8

Calculou-se, para cada amostra de solo, a quantidade de cálcio necessária para elevar o pH a 6,40, através da respectiva curva de neutralização estabelecida com carbonato de cálcio.

Soluções tampão utilizadas

As soluções tampão utilizadas foram: a de SHOEMAKER, McLEAN & PRATT (1961) ou SMP, cuja preparação e capacidade

tampão já foram descritas (CATANI, JACINTHO & PIZZINATTO, 1972); a SMP diluída (1+1); a de WOODRUFF (1948) diluída (1+2); as de acetado de cálcio 0,50 — 0,25 e 0,125 N, também já descritas (CATANI, JACINTHO & PIZZINATTO, 1972).

Determinação do pH das soluções tampão após o contato com o solo

a) Transferir 5 g de cada amostra de solo obtida por incubação, para copos de 30 ml de forma alta.

b) Adicionar 5 ml de água destilada, 10 ml de solução tampão, agitar a suspensão com auxílio de bastonete e deixar em repouso por 20 minutos.

c) Determinar o pH da suspensão utilizando um potenciômetro sensível a 0,05 unidade de pH.

Os dados obtidos referentes ao pH da solução tampão, após o contato com as amostras de terra, foram relacionados com a quantidade de carbonato de cálcio do experimento de incubação.

Correlação entre o pH adquirido pela solução tampão e a exigência de calcário calculada pela curva de neutralização

Colocando-se no eixo das abcissas a quantidade de carbonato de cálcio necessária para elevar o pH de cada amostra de solo para o valor 6,40 e no eixo das ordenadas o valor respectivo do pH da solução tampão, após ter estado em contato com a amostra de solo, pode-se estabelecer uma correlação entre as duas características.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos referentes aos valores do pH das amostras de solos com diversas quantidades de carbonato de cálcio são apresentados nos quadros n.ºs 5 e 6. No quadro 5 foram reunidos os dados obtidos com as amostras de solos latosólicos (Ap da Série Iracema, Ap da Série Guamium e B₁ da Série Guamium) e no quadro 6 os concernentes aos solos podzolizados (Ap e A₂ da Série Godinhos e Ap da Série Cruz Alta).

As figuras n.ºs 1 a 6 representam as curvas de neutralização obtidas pelo tratamento (incubação) dos solos com diferentes quantidades de carbonato de cálcio.

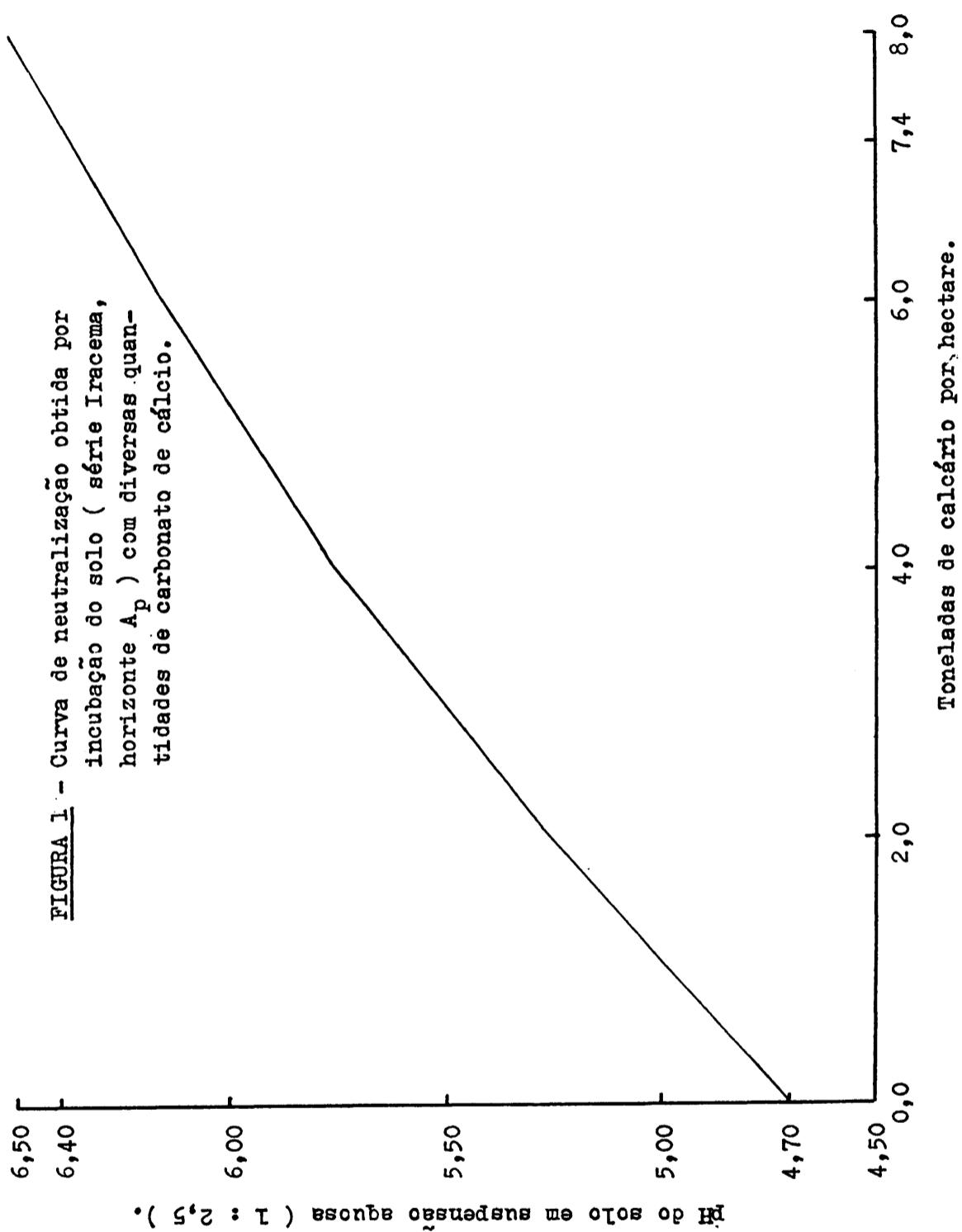
As citadas figuras permitem calcular a quantidade de carbonato de cálcio e/ou de calcário necessária para elevar o pH dos solos

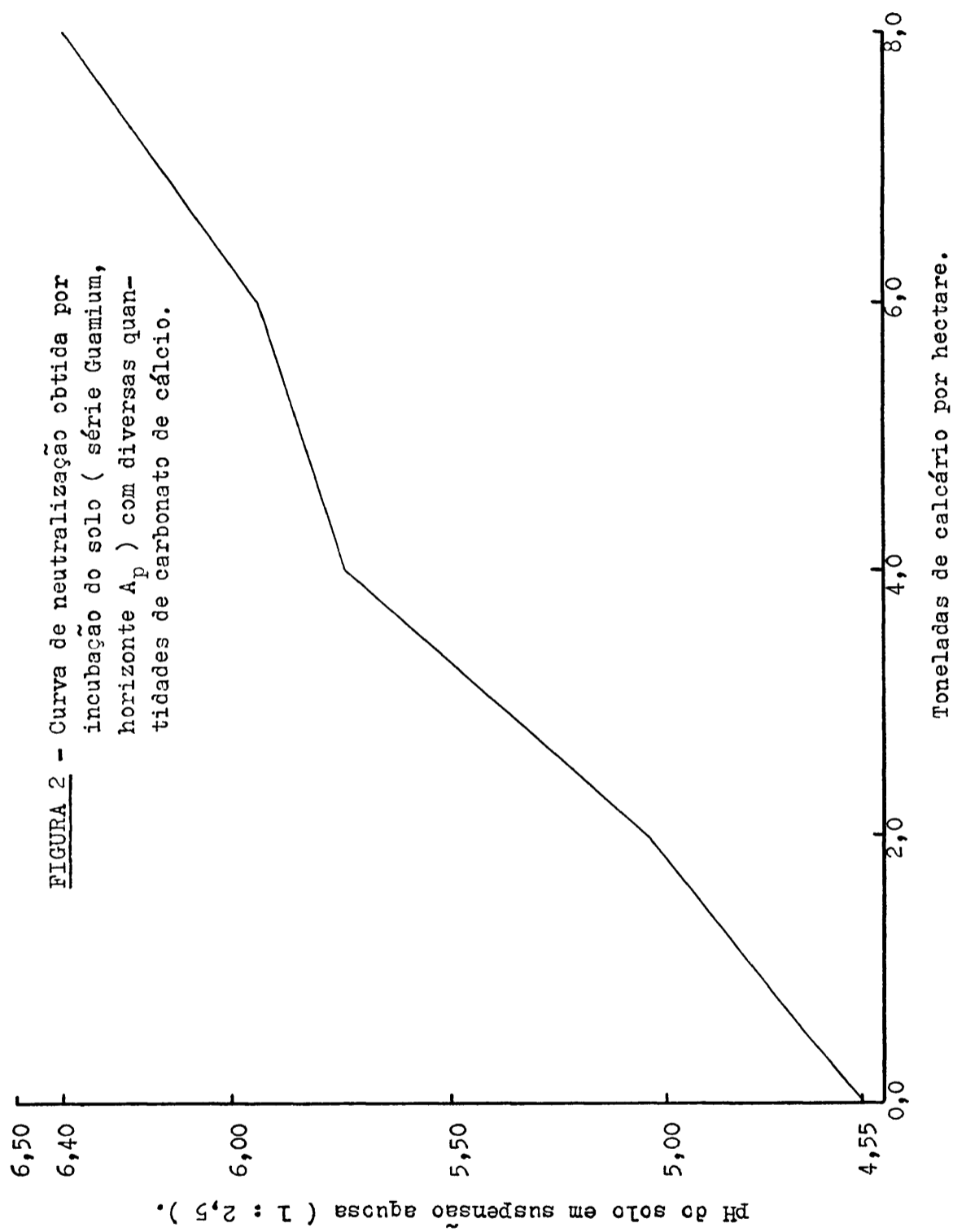
QUADRO 5 — Variação do pH das amostras de solos latosólicos em função da quantidade de carbonato de cálcio adicionada.

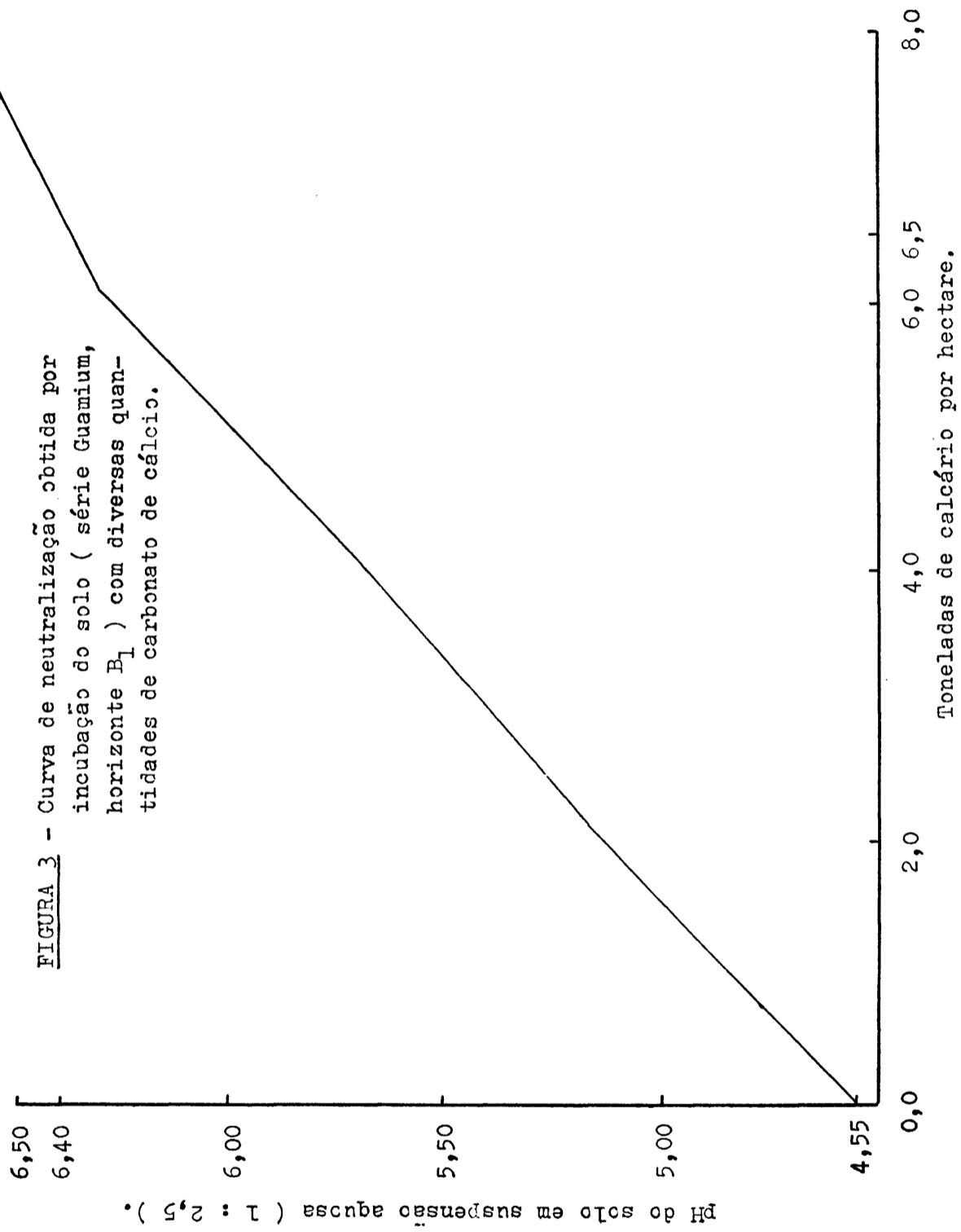
Amostra N.º	pH em suspensão aquosa (1:2,5)
1a	4,70
1b	5,25
1c	5,75
1d	6,15
1e	6,50
2a	4,55
2b	5,05
2c	5,75
2d	5,95
2e	6,40
3a	4,55
3b	5,15
3c	5,70
3d	6,70
3e	6,30

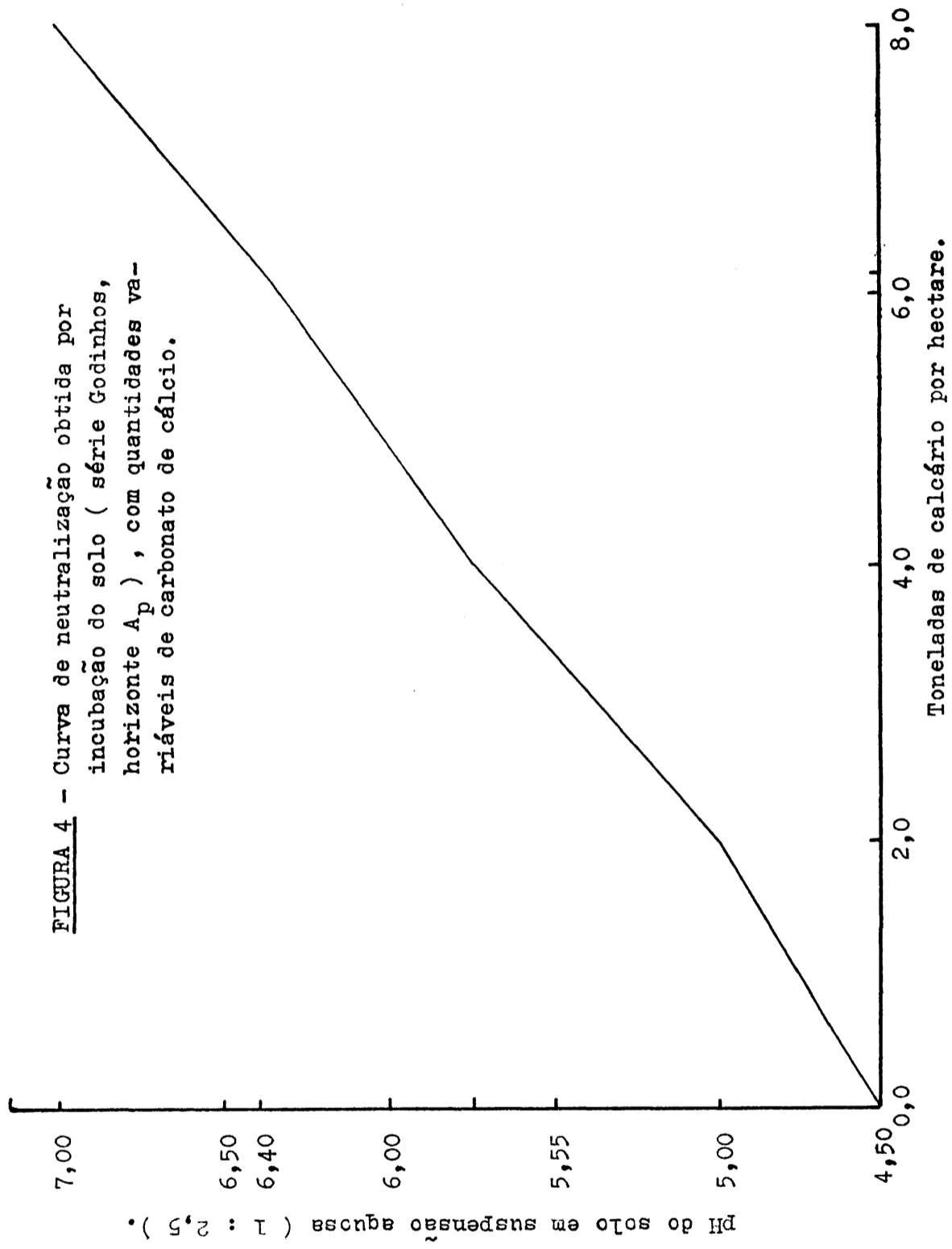
QUADRO 6 — Variação do pH das amostras de solos podzolizados em função da quantidade de carbonato de cálcio adicionada.

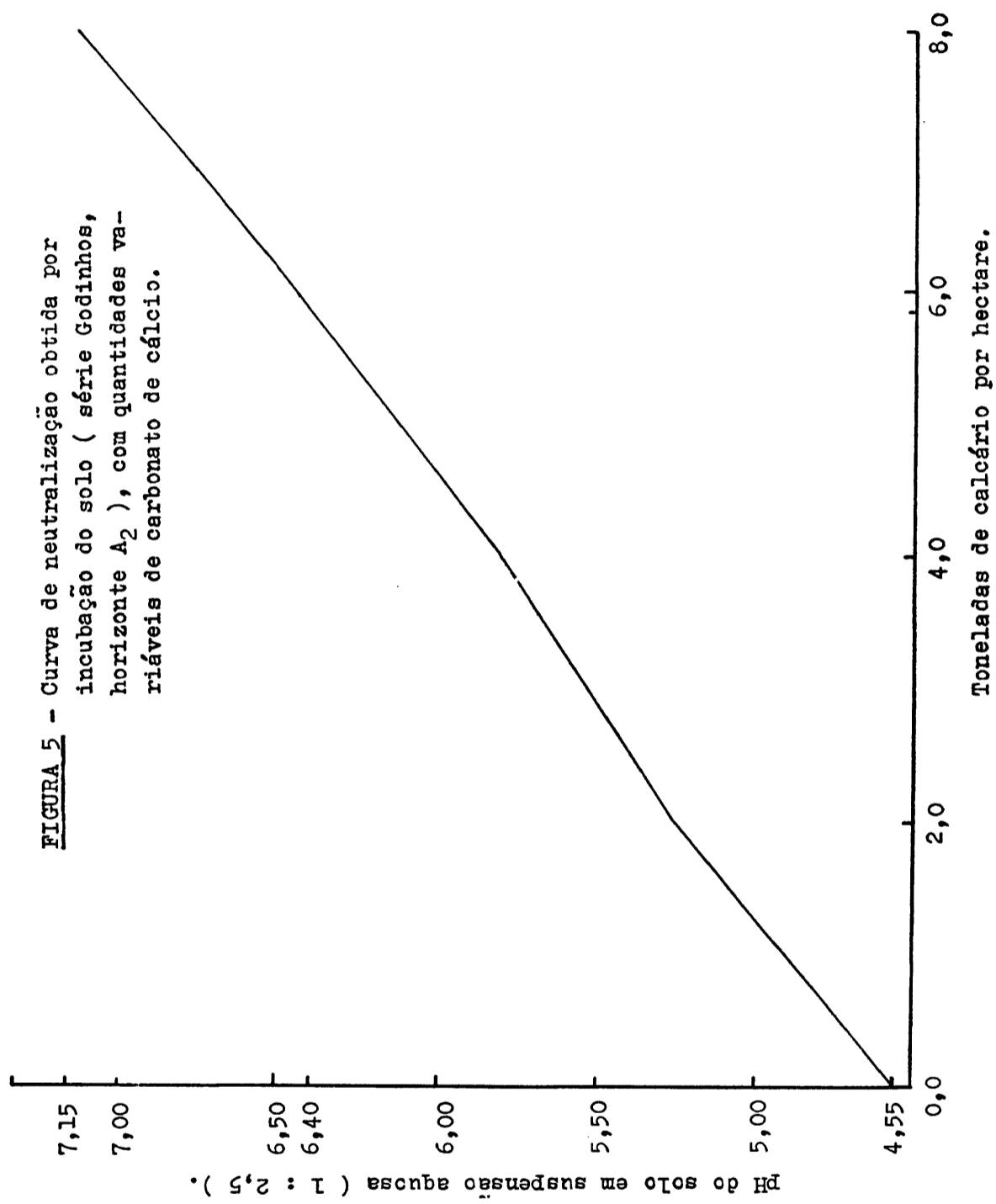
Amostra N.º	pH em suspensão aquosa (1 : 2,5)
4a	4,50
4b	5,00
4c	5,75
4d	6,35
4e	7,05
5a	4,55
5b	5,25
5c	5,80
5d	6,45
5e	7,15
6a	4,80
6b	6,15
6c	7,45
6d	8,00
6e	8,15











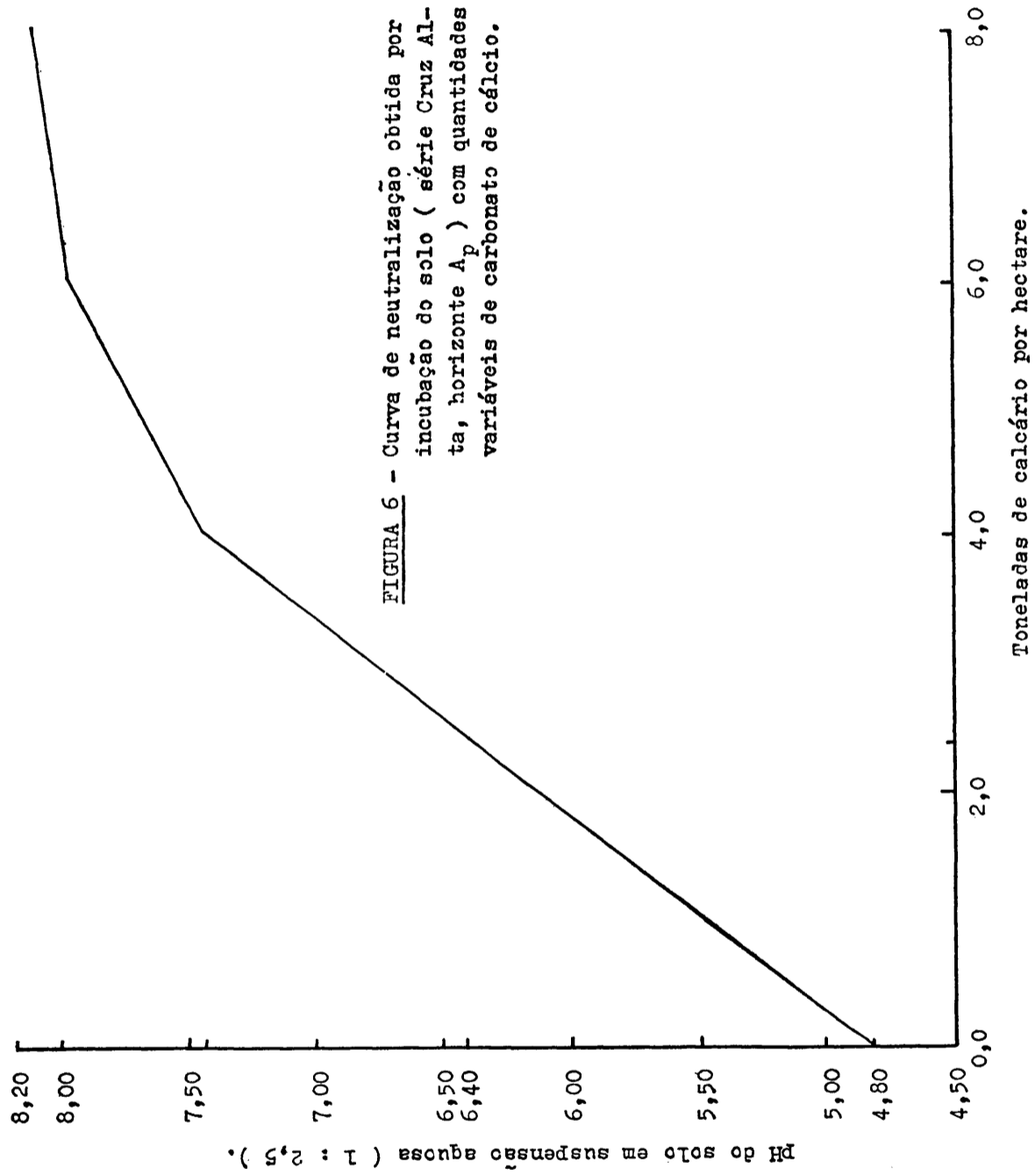


FIGURA 6 - Curva de neutralização obtida por incubação do solo (série Cruz Alta, horizonte A_p) com quantidades variáveis de carbonato de cálcio.

estudados para o valor de 6,40, conforme mostram os dados dos quadros n.ºs 7 e 8.

QUADRO 7 — Quantidade de calcário em toneladas por hectare por 15 cm de profundidade necessária para elevar o pH dos solos latosólicos estudados ao valor 6,40.

Amostra N.º	Quantidade de calcário ton/ha/15cm
1a	7,40
1b	5,40
1c	3,40
1d	1,40
1e	—
2a	8,00
2b	6,00
2c	4,00
2d	2,00
2e	—
3a	6,50
3b	4,50
3c	2,50
3d	0,50
3e	—

Valores do pH das soluções tampão após o contato com as amostras de solo

Os valores do pH das várias soluções tampão após o contato com as amostras de solos são apresentados nos quadros 9 e 10.

QUADRO 8 — Quantidade de calcário, em toneladas por hectare por 15 cm de profundidade necessária para elevar o pH dos solos podzolizados estudados ao valor 6,4.

Amostra N.º	Quantidade de calcário ton/ha/15 cm
4a	6,15
4b	4,15
4c	2,15
4d	0,15
4e	—
5a	5,85
5b	3,85
5c	1,85
5d	—
5e	—
6a	2,40
6b	0,40
6c	—
6d	—
6e	—

Correlação entre o pH das soluções tampão após o contato com as amostras de solos e a exigência de calcário para elevar o pH a 6,40 das mesmas amostras determinada através da curva de neutralização.

Relacionando os valores dos quadros n.ºs 7 e 8 com os dos quadros n.ºs 9 e 10, respectivamente, foram estabelecidas as seguintes equações de regressão:

Solução tampão SMP

$$Y = - 7,84 \text{ pH} + 52,74; r = - 0,98^{***} \text{ para os solos latosólicos (1)}$$

$$Y = - 5,20 \text{ pH} + 35,81; r = 0,99^{***} \text{ para os solos podzólicos (2)}$$

Solução tampão SMP (1+1)

$Y = - 5,56 \text{ pH} + 36,80$; $r = - 0,98^{***}$ para os solos latosólicos (3)

$Y = - 3,46 \text{ pH} + 23,20$; $r = - 0,98^{***}$ para os solos podzólicos (4)

Solução tampão de Woodruff (1+2)

$Y = - 8,17 \text{ pH} + 54,03$; $r = - 0,99^{***}$ para solos latosólicos (5)

$Y = - 5,87 \text{ pH} + 39,26$; $r = - 0,98^{***}$ para solos podzólicos (6)

Solução tampão de acetato de cálcio 0,50 N

$Y = - 12,68 \text{ pH} + 80,59$; $r = - 0,98^{***}$ para solos latosólicos (7)

$Y = - 9,31 \text{ pH} + 59,60$; $r = - 0,97^{***}$ para solos podzólicos (8)

QUADRO 9 — Valores do pH das diversas soluções tampão após o contato com as amostras dos solos latosólicos estudados.

Amostra N.º	Solução tampão					
	SMP	SMP (1+1)	Woodruff (1 + 2)	0,50 N	Acetato de cálcio 0,25 N	0,125 N
1a	5,70	5,30	5,70	5,80	5,55	5,50
1b	6,05	5,55	5,95	5,95	5,70	5,70
1c	6,25	5,95	6,20	6,10	5,85	5,90
1d	6,50	6,30	6,40	6,25	6,00	6,05
1e	6,65	6,50	6,60	6,35	6,15	6,25
2a	5,75	5,25	5,70	5,75	5,50	5,45
2b	6,00	5,65	5,90	5,90	4,65	5,60
2c	6,20	5,95	6,05	6,00	5,75	5,75
2d	6,45	6,25	6,35	6,15	5,95	6,00
2e	6,60	6,45	6,55	6,30	6,10	6,20
3a	5,90	5,35	5,80	5,80	5,50	5,50
3b	6,25	5,85	6,05	6,00	5,75	5,70
3c	6,45	6,20	6,35	6,15	5,95	5,95
3d	6,65	6,55	6,60	6,35	6,15	6,15
3e	6,95	6,90	6,80	6,60	6,40	6,30

QUADRO 10 — Valores do pH das diversas soluções tampão após o contato com as amostras dos solos podzólicos.

Amostra N.º	Solução tampão					
	SMP	SMP (1 + 1)	Woodruff (1 + 2)	0,50 N	Acetato de cálcio 0,25 N 0,125 N	
4a	5,75	5,00	5,70	5,80	5,65	5,35
4b	6,10	5,60	6,00	5,95	5,80	5,60
4c	6,50	6,20	6,40	6,20	6,10	5,95
4d	6,80	6,60	6,65	6,40	6,35	6,25
4e	7,10	6,90	6,90	6,65	6,65	6,60
5a	5,75	4,95	5,70	5,80	5,60	5,35
5b	6,15	5,65	6,05	6,00	5,85	5,65
5c	6,50	6,20	6,35	6,20	6,10	5,95
5d	6,85	6,60	6,65	6,45	6,35	6,25
5e	7,10	6,90	6,90	6,70	6,70	6,65
6a	6,35	5,75	6,10	6,05	5,90	5,70
6b	6,90	6,60	6,65	6,40	6,30	6,15
6c	7,25	7,05	6,95	6,75	6,70	6,70
6d	7,35	7,25	7,05	7,00	7,00	7,05
6e	7,40	7,30	7,05	7,05	7,10	7,10

Solução tampão de acetato de cálcio 0,25 N

$Y = - 11,34 \text{ pH} + 69,79$; $r = - 0,98^{***}$ para solos latosólicos (9)

$Y = - 7,88 \text{ pH} + 49,94$; $r = - 0,97^{***}$ para solos podzólicos (10)

Solução tampão de acetato de cálcio 0,125 N

$Y = - 10,15 \text{ pH} + 62,87$; $r = - 0,96^{***}$ para solos latosólicos (11)

$Y = - 6,50 \text{ pH} + 40,51$; $r = - 0,97^{***}$ para solos podzólicos (12)

(***) = significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

Nas 12 equações, pH é o valor da respectiva solução tampão, quando em contato com o solo; e Y é a quantidade necessária de

calcário, em toneladas por hectare por 15 cm para elevar o pH do solo a 6,40.

O coeficiente de correlação r apresentou um valor significativo ao nível de 0,1% de probabilidade em todas as equações. Entretanto, levando-se em conta as características da solução SMP e as das demais soluções tampão já apresentadas (CATANI, JACINTHO & PIZZINATTO, 1972), julga-se que a citada solução (SMP) seja a mais adequada dentre as estudadas, para avaliar a exigência de calcário do solo, quando se usa critério do decréscimo do pH.

CONCLUSÕES

a) O pH das soluções tampão SMP, SMP (1+1), Woodruff (1+2), acetato de cálcio 0,50 — 0,25 e 0-125 N, quando em contato com diversas amostras de solos apresentaram valores correlacionados com a exigência de calcário para elevar o pH das mesmas amostras, ao valor 6,40.

b) O valor do coeficiente de correlação r de todas as equações de regressão foi significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

c) Entretanto, levando-se em conta a capacidade tampão da solução SMP e a resposta linear da variação de seu pH em função da quantidade de ácido adicionada, julga-se que a citada solução seja a mais adequada, dentre as estudadas, para avaliar a exigência de calcário, quando se usa o critério do decréscimo do pH de solução tampão.

SUMMARY

BUFFER SOLUTIONS METHODS FOR DETERMINING LIME REQUIREMENTS OF SOILS.

Buffer solutions SMP, diluted (1+1) SMP, diluted Woodruff (1+2), calcium acetate 0.50 — 0.25 and 0.125 N estimate very well the lime requirement to bring to 6,40 the pH of several latosolic and podzolic soil samples incubated with calcium carbonate. Twelve equations were calculated by the method of least squares for the relationship between the pH of the soil-buffer suspension and the lime requirement to bring soil pH to 6.40 as determined by incubation.

LITERATURA CITADA

CATANI, R. A. & O. ALONSO, 1969 — Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 26:141-156.

- CATANI, R. A., J. C. ALCARDE & P. R. FURLANI, 1970 — A adsorção de molibdênio pelo solo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 27:223-237.
- CATANI, R. A., J. C. ALCARDE & F. M. KROLL, 1971 — A adsorção de boro pelo solo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 28:189-198.
- CATANI, R. A., N. A. GLÓRIA & G. C. VITTI, 1971 — A adsorção de sulfato pelo solo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 28:235-245.
- CATANI, R. A., A. O. JACINTHO & A. PIZZINATTO, 1972 — Características de algumas soluções tampão utilizadas para avaliar a acidez do solo. No prelo dos *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, volume 29.
- CATANI, R. A. & V. C. BITTENCOURT, 1972 — Apostilas de Química do Solo do Curso Pós-Graduado de Solos e Nutrição de Plantas. 32 pp. (mimeografadas).
- 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.
- 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.
- PEECH, M., 1965 — Lime Requirement. *Em: Methods of Soil Analysis. Part 2*. Editado por C. A. Black. American Soc. of Agronomy Inc Publishers. Madison. Wisconsin. USA. pp. 927-932.
- RANZANI, G., O. FREIRE & T. KINJO, 1966 — Carta de Solos do Município de Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, ESALQ. USP. Piracicaba, SP (mimeografado) 85 pp.
- SEATZ, L. F. & A. B. PETERSON, 1964 — Acid, Alkaline, Saline and Sodic Soils. *Em: Chemistry of the Soil*. Editado por F. E. Bear. 2.^a 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.
- 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.

