EFEITOS DA CALAGEM E DA MATÉRIA ORGÂNICA SOBRE A ACIDEZ DE CINCO SOLOS DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA

FLÁVIO MARCOS ROSATO

Eng.º-Agr.º

Orientador: Francisco de Assis Ferraz de Mello

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Setembro, 1978

A minha esposa,

Maria Elisabete

D E D I C O

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Professor Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, pela amizade e orientação;
- À Universidade de São Paulo e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz";
- Aos Sr.^s Vinicius Ferraz, pelos serviços de análise de laboratório e Ângelo Smaniotto, na coleta de amostras de solo;
- Ao Cunhado Francisco Vitor Bedusqui Orsi, aos primos Orlando Quidetti Junior e Victor Benito Beduschi, pelo auxílio prestado durante o trabalho de laboratório;

E a todos os que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

I N D I C E

Página

RESUMO	v
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 - O Método do Al Trocável	3
2.2 - A Matéria Orgânica e a Acidez do Solo	5
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	7
3.1 - Solos e Adubos Utilizados	7
3.2 - Condução do Experimento	12
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 - Efeitos do CaCO_3 sobre o pH das Terras	13
4.2 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre o pH das Terras	16
4.3 - Efeito sobre o pH do CaCO_3 Dentro de Matê- ria Orgânica e da Matéria Orgânica Dentro de CaCO_3	20
4.4 - Efeitos do CaCO_3 sobre os Teores de Al^{3+} trocável das Terras	22
4.5 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre o Teor de Al^{3+} trocável das Terras	24
4.6 - Efeitos sobre os Teores de Al trocável do CaCO_3 Dentro de Matéria Orgânica e da Ma- téria Orgânica Dentro de CaCO_3	27

	Página
4.7 - Efeitos do CaCO_3 sobre os Teores de H Total das Terras	30
4.8 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre os Teores de H Total das Terras	32
4.9 - Efeitos sobre os Teores de H^+ Total do CaCO_3 dentro de Matéria Orgânica e da Matéria Orgânica dentro de CaCO_3	34
5 - CONCLUSÕES	37
6 - SUMMARY	38
7 - LITERATURA CITADA	40

RESUMO

Esta dissertação se refere a um experimento fatorial 2^4 CaCO_3 x matéria orgânica, sob a forma de torta de algodão.

As quantidades de CaCO_3 foram calculadas pelo método do Al trocável, utilizando o fator 1,5 e foram as seguintes: 0, 1, 2 e 3 vezes as necessárias para eliminar o Al trocável das terras.

As quantidades de matéria orgânica foram iguais a 0, 15, 30 e 45 t/ha, considerando-se a densidade aparente das terras igual a 1,5 e a profundidade de 20 cm.

As terras utilizadas são do município de Piracicaba:

<u>Grande Grupo</u>	<u>Série</u>
Hidromórfico associado com LVG orto	Três Municípios
Terra Roxa Estruturada fase rasa	Pau D'Alho
Latosol Roxo	Iracema
Regosol "intergrade" para PVA var. Laras	Cruz Alta
Hidromórfico associado com PVA var. Laras	Formigueiro

O experimento foi realizado em vasos com 1 kg de terra, sob condições de laboratório, permanecendo as terras úmidas (cerca de 50% do poder de retenção de umidade) durante 30 dias. Após esse período foram secas, destorroadas e peneiradas. A seguir, procederam-se as determinações de pH, Al trocável e H total.

Conclue-se que:

- a - O método do Al trocável recomendou quantidades pequenas de calcário, insuficientes para eliminar totalmente o Al trocável das terras e só na ausência de matéria orgânica elevou eficazmente o pH, sem exercer efeitos apreciáveis sobre a acidez total.
- b - A matéria orgânica apresentou tendência geral de elevar o pH das terras, tendo sido dúbio os seus efeitos sobre os teores de Al trocável e H total.

1 - INTRODUÇÃO

São Paulo é um Estado em que a maior parte dos solos apresenta reação ácida, às vezes com teores elevados de Al trocável (COELHO e VERLENGIA, sem data, p. 139 ; COMISSÃO DE SOLOS, 1960 ; GARGANTINI *et alii*, 1970). Por isso, um dos problemas mais frequentes que os agricultores paulistas enfrentam é o controle do pH de suas terras. Este fato, aliás, é extensivo à maioria dos solos brasileiros.

Há cerca de uma década (KAMPRATH, 1967) foi introduzido no Brasil, e em vários outros países, o método do Al trocável para a determinação da quantidade de calcário a ser empregada em determinada gleba a ser cultivada. Entretanto, não foram efetuadas experimentações preliminares para testar a validade desse método

do nas condições de solo e de clima de São Paulo e, menos ainda, do Brasil.

O método do Al trocável consistia em se determinar o número de e.mg de Al trocável, por 100 g de terra a multiplicá-lo por 1,5. O produto obtido seria igual ao número de t/ha de calcário comum a ser empregado.

Por outro lado a natureza do clima do Estado de São Paulo e da maioria dos estados brasileiros, com temperaturas elevadas faz com que a matéria orgânica adicionada se decomponha com grande rapidez (YENNI, 1941, p. 197). E é sabido que esta desempenha papel relevante na fertilidade do solo.

A este respeito, entre outras funções desempenhadas, a matéria orgânica ao se decompor dá origem a diversos ácidos orgânicos e fenóis que são componentes da acidez do terreno, (MELLO *et alii*, sem data, p. 52). Então, o seu emprego acarretaria acidificação do solo.

Em vista do que ficou exposto surgiu a idéia da realização deste trabalho, cuja finalidade é a de fornecer dados preliminares para se constatar a validade do método do Al trocável para a correção da acidez de nossos solos e dos efeitos da matéria orgânica sobre a acidificação dos mesmos.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - O Método do Al Trocável

Este método geralmente recomenda o uso de quantidades relativamente pequenas de calcário e visa apenas eliminar o Al trocável do solo, que pode se tornar tóxico às plantas, quando acima de certa concentração. No Estado de São Paulo considera-se que tal concentração é igual a 0,5 e.mg/100 g de terra (GARGANTINI *et alii*, 1970).

Um dos primeiros trabalhos feitos no Brasil para testar a eficiência do método em apreço foi o de SERVIN (1971). Esse autor concluiu que utilizando o fator 1,5 , o pH das terras com que trabalhou chegou aproximadamente a 5,8 , mas não eliminou totalmente o Al trocável e nem o H extraído com acetato de amônio.

CATANI e ALONSO (1969), trabalhando com solos do Estado de São Paulo, concluíram que quando o pH atinge a 5,7 o solo já não possui mais Al trocável.

PITTA (1974) constatou que com a utilização do fator 1,5 não houve elevação sensível do pH das terras com que trabalhou e nem da acidez titulável (Al + H⁺, extraídos com solução de acetato de amônio). O teor de Al trocável **baixou** bastante em apenas dois solos.

MELLO (não publicado), utilizando dados disponíveis da literatura concernente a solos do Estado de São Paulo e do Paraná, concluiu que a ausência do Al trocável se dará a pH 5,5. Quando o pH era de aproximadamente 5,2 o teor de Al trocável estava ao redor de 0,5 e.mg/100 g de terra, portanto, já no limiar da toxidez.

Baseado nos dados de SERVIN (1971), MELLO (1974) constatou que o uso do fator 2, em vez de 1,5, conduzia a resultados semelhantes aos obtidos pelo método descrito por CATANI *et alii* (1955), o qual visa a elevar o pH a cerca de 6,5.

Como a utilização do fator 1,5 geralmente resulta numa subcalagem, atualmente são empregados fatores maiores, 2 ou 3. Se, com, este procedimento, os teores de Ca + Mg trocáveis não atingirem um nível conveniente, então se aplicam quantidades adicionais de calcário, até que os teores desses elementos no solo se tornem satisfatórios (PIPAEMG, 1972 ; VAN RAIJ, 1975 ; COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DE SOLOS, sem data).

2.2 - A Matéria Orgânica e a Acidez do Solo

Embora durante a decomposição no solo de matéria orgânica adicionada sem fermentação prévia formem-se muitos ácidos orgânicos e fenóis, dois componentes da acidez potencial, vários trabalhos têm revelado que o processo em referência conduz a uma elevação, pelo menos temporária, do pH. Talvez até seja esse um dos motivos da elevação do pH do solo quando incorporado de vinhaça (ALMEIDA *et alii*, 1950), pois esta é um resíduo rico de matéria orgânica.

Os autores mencionados constataram que na dose de 500.000 litros por ha o pH da terra com que trabalharam, que inicialmente era 5,47, passou a ser maior que 7,00, fosse a vinhaça sulfúrica, fosse a vinhaça neutralizada com leite de cal.

ALMEIDA *et alii* (sem data) concluíram, em trabalho posterior, porém utilizando a mesma terra arenosa do ensaio anterior e vinhaça sulfúrica, que o pH variava linear e significativamente com o volume de vinhaça empregado, segundo a equação seguinte:

$$y = 4,98 + 0,28 v$$

onde y é o pH e v o volume de vinhaça.

VALSECHI e PIMENTEL GOMES (1954) concluíram que a vinhaça, além de elevar o pH da terra determinava uma redução sensível de H total da mesma.

DÖBEREINER e ALVAHYDO (1966) constataram que a casca de arroz e grama fresca misturadas elevaram o pH de um solo "Gray Hidromórfico". Entretanto, sacarose aplicada ao mesmo solo causava abaixamento do pH.

EIRA e CARVALHO (1970) também concluíram que sacarose determinava redução no pH do solo, enquanto que palha de cana e torta de algodão agiam de modo diverso.

PAZ *et alii* (1977) utilizando amostras de Regosol Ser-tãozinho e do Latossolo Roxo de Iracemápolis (PANZANI *et alii*, 1966), num ensaio de incubação com doses crescentes de torta de mamona, concluíram que esta causava forte aumento do pH e forte redução de H total dos mesmos.

ZAGO *et alii* (não publicado) estudaram os efeitos da tor-ta de mamona sobre algumas propriedades de dois Latossolos do Esta-do de São Paulo. Observaram notável elevação do pH e tendência de redução da acidez total. Entretanto, os dados relativos ao Al tro-cável não permitiram uma conclusão geral.

Utilizando restos de cultura de milho, como fonte de ma-téria orgânica, MELLO *et alii* (não publicado, b) constataram que doses crescentes desse material causaram elevação dos pHs e redu-ção dos teores de Al trocável de cinco solos do município de Pira-cicaba.

MELLO *et alii* (não publicado, a) estudaram os efeitos de torta de mamona sobre algumas propriedades de cinco solos do mu-nicípio de Piracicaba e, no que respeita aos pHs, constataram ele-vações significativas de acordo com as doses de torta aplicadas.

Todos os trabalhos citados neste subcapítulo, 2.2, são de incubação, cujos períodos variaram de um para outro ; tais pe-ríodos, contudo, não foram muito grandes, no máximo de 45 dias.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Solos e Adubos Utilizados

No presente trabalho foram utilizadas terras provenientes das camadas superficiais dos seguintes solos do Município de Piracicaba:

<u>Grande Grupo</u>	<u>Série</u>
Hidromórfico associado com LVE orto	Três Municípios
Terra Roxa Estruturada fase rasa	Pau D'Alho
Latosol Roxo	Iracema
Regosol "intergrade" para PVA var. Laras	Cruz Alta
Hidromórfico associado com PVA var. Laras	Formigueiro

As Tabelas 1 e 2 apresentam algumas características físicas e químicas das terras empregadas no trabalho.

TABELA 1 - Composição granulométrica das terras utilizadas
(RANZANI *et alii*, 1966)

Solo	Componentes granulométricos (%)		
	Areia	Limo	Argila
Três Municípios	19,4	26,9	53,7
Pau D'Alho	29,1	45,0	25,9
Iracema	27,8	26,1	46,1
Cruz Alta	89,4	5,1	5,5
Formigueiro	74,0	12,1	13,9

TABELA 2 - Algumas características químicas das terras utilizadas

Solo	pH	C %	PO_4^{3-}	Trocáveis, e.mg/100 g TFSA				
			Solúvel	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H^+
Três Municípios	5,4	1,62	0,07	0,52	3,20	1,76	1,04	5,60
Pau D'Alho	6,0	1,65	0,06	0,48	13,00	3,16	0,03	4,00
Iracema	5,5	2,07	0,03	0,12	7,20	2,88	0,24	6,40
Cruz Alta	5,6	0,84	0,05	0,30	2,40	0,96	0,17	1,84
Formigueiro	6,1	0,90	0,09	0,11	4,00	1,28	0,06	2,16

Os métodos analíticos utilizados foram:

- Análise granulométrica: Método da pipeta.
- pH: relação solo: água igual a 1 : 2,5 (CATANI *et alii*, 1955).
- C % : método de WALLLEY e BLACK, modificado (MALAVOLTA e COURRY, 1954).
- PO_4^{3-} solúvel: extração com solução de H_2SO_4 0,05 N e determinação segundo CATANI *et alii* (1955).
- K^+ trocável: extração com solução de HNO_3 0,05 N e determinação por fotometria de chama (CATANI *et alii*, 1955).
- Ca^{2+} trocável: extração com solução de KCl N e determinação por quelatometria.

- Mg^{2+} trocável: extração com solução de KCl N e determinação por quelatometria.
- Al^{3+} trocável: extração com solução de KCl N e titulação com NaOH 0,02 N.
- H^+ titulável: extração com solução de acetato de cálcio normal e titulação com NaOH 0,02 N.

Os materiais utilizados como adubos, foram o $CaCO_3$ p. a. e a torta de algodão seca a 70°C e triturada em micro moinho, com a seguinte composição em N, P_2O_5 , K_2O , CaO e MgO (Tabela 3).

TABELA 3 - Teores de N, P_2O_5 , K_2O , CaO e MgO da torta utilizada

Constituinte	Porcentagem
N	6,00
P_2O_5	1,00
K_2O	1,26
CaO	0,12
MgO	0,46

O arranjo dos tratamentos foi o fatorial 2^4 tendo sido o delineamento experimental inteiramente casualizado.

As quantidades de $CaCO_3$ p.a. empregadas foram baseadas no método do Al trocável utilizando o fator 1,5 e foram as se-

guintes: 0 , 1 , 2 e 3 vezes as necessárias para eliminar o Al trocável das terras; as doses de torta de algodão foram correspondentes a 0 , 15 , 30 e 45 t/ha. Desse modo, cada vaso recebeu as seguintes quantidades de adubo de acordo com o tratamento (Tabela 4). Considerou-se a densidade aparente das terras igual a 1,5 e a profundidade de 20 cm.

TABELA 4 - Doses de CaCO_3 p.a. , empregadas por vaso, segundo o tratamento

Solos	Doses	Quantidade de CaCO_3 /vaso , mg	Quantidade de torta/vaso, g
Três Municípios	1	0	0
	2	520	5
	3	1.040	10
	4	1.560	15
Pau D'Alho	1	0	0
	2	15	5
	3	30	10
	4	45	15
Iracema	1	0	0
	2	120	5
	3	240	10
	4	360	15
Cruz Alta	1	0	0
	2	85	5
	3	170	10
	4	255	15
Formigueiro	1	0	0
	2	30	5
	3	60	10
	4	90	15

3.2 -- Condução do Experimento

Porções de 1 kg de T.F.S.A. foram intimamente misturadas com os adubos de acordo com o tratamento, passadas para vasos^(*) e incubadas durante 30 dias sob condições de laboratório, e permanecendo úmidas (aproximadamente 50% da capacidade de retenção de umidade). Cada tratamento foi repetido quatro vezes.

Após o período de incubação as terras foram secas ao ar, sobre lâminas de plástico, destorroadas e analisadas.

As determinações efetuadas foram: pH , Al^{3+} trocável e H^+ titulável.

O pH , o Al^{3+} trocável e o H^+ titulável foram determinados pelos métodos citados em 3.1.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística.

(*) Latas de óleo de motor de automóvel pintadas internamente com Neutrol 45 e externamente com a tinta Alumilak 9.800 da Cia. Ipiranga.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Efeitos do CaCO_3 sobre o pH das Terras

Os efeitos do CaCO_3 sobre o pH das terras aparecem na Tabela 5 . A Figura 1 representa esses resultados.

Observa-se que a tendência geral do CaCO_3 foi a de elevar o pH das terras, como era de se esperar, embora apenas no caso da série Três Municípios o seu efeito tenha sido significativo entre tratamentos. O fato do carbonato não ter afetado significativamente o pH das outras terras talvez se deva às pequenas quantidades empregadas, consequência do baixo teor de Al^{3+} trocável das mesmas (Tabela 2).

TABELA 5 - Efeitos do CaCO_3 sobre o pH das terras

Doses de CaCO_3	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	4,96	5,88	5,63	6,01	5,77
2	5,01	5,92	5,70	6,23	5,89
3	5,28	6,01	5,80	6,18	5,90
4	5,39	5,91	5,69	6,19	5,98
D.M.S. Tukey a 5% = 0,28					
C. V. = 4,53%					

Esse resultado, de certa forma, não constitui surpresa em vista do que foi exposto em 2.1.

Nota-se que na série Três Municípios, com pH inicial mais baixo, maior teor de argila e menor teor de areia, com poder tampão, portanto, dos mais elevados entre as terras utilizadas nem a dose maior de CaCO_3 foi suficiente para elevar o pH ao valor desejado.

Fig. 1 - Efeito do CaCO_3 sobre os pHs das terras

4.2 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre o pH das Terras

A influência da matéria orgânica sobre o pH aparece sintetizada na Tabela 6 , a título de ilustração, na Figura 2

TABELA 6 - Efeitos da matéria orgânica sobre o pH das terras

Doses de matéria orgânica	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	5,33	5,81	5,29	6,13	5,82
2	4,90	5,89	5,52	6,17	5,67
3	5,03	5,92	5,89	6,18	5,98
4	5,38	6,10	6,12	6,13	6,03
D.M.S. Tukey a 5% = 0,28					
C. V. = 4,53					

Os dados da Tabela 6 representados na Figura 2 revelam que a tendência geral da matéria orgânica foi a de elevar o pH das terras. Entretanto, dentro dessa tendência geral, há algumas exceções:

a - Dentro da série Três Municípios: a dose 1 da matéria orgânica superou as doses 2 e 3 , não diferindo significativamente da dose 4 ;

- b - Dentro da série Pau D'Alho: a dose 1 foi superada apenas pela 4 ;
- c - Dentro da série Iracema: as doses 1 e 2 de matéria orgânica não apresentaram resultados estatisticamente diferentes entre si, o mesmo acontecendo com as doses 3 e 4 ; estas, contudo superaram as doses 1 e 2 ;
- d - Dentro da série Cruz Alta: não houve alteração significativa do pH ;
- e - Dentro da série Formigueiro: não houve efeito significativo entre as doses 1 e 2 , o mesmo acontecendo entre as 3 e 4 ; estas, entretanto, apresentaram resultados superiores à dose 2 .

Tentativamente pode-se explicar do seguinte modo a tendência da matéria orgânica de elevar o pH do solo:

Em primeiro lugar, tratando-se de experimento de curta duração, é possível que ao término do período de incubação grande parte do N da torta estivesse na forma amoniacal, o que teria elevado o pH ; essa explicação, de certa forma, encontra apoio no trabalho de MELLO *et alii* (1977) que encontraram grande quantidade de $N - NH_4^+$ em solos de cerrado após incubação com torta de algodão, com e sem $CaCO_3$, durante 30 dias.

A segunda hipótese seria a seguinte: no processo de decomposição da torta formam-se numerosos radicais orgânicos com cargas negativas e que são, portanto, capazes de reter H^+ da solução do solo, com elevação consequente do pH.

A terceira hipótese seria a de que os cátions da torta, livres pela decomposição desta, atuariam no sentido de aumentar o pH das terras.

Os resultados obtidos com relação aos efeitos da matéria orgânica sobre o pH do solo estão de acordo com várias observações, conforme consta no item 2.2 .

Fig. 2 - Efeitos da matéria orgânica sobre os pHs das terras

4.3 - Efeito sobre o pH do CaCO_3 Dentro de Matéria Orgânica e da Matéria Orgânica Dentro de CaCO_3

Pode-se observar pelos dados da Tabela 7, que a tendência do CaCO_3 de elevar o pH das terras só aparece de modo significativo na ausência de matéria orgânica.

TABELA 7 - Efeitos sobre o pH do CaCO_3 dentro de matéria orgânica e da matéria orgânica dentro de CaCO_3

Doses de matéria orgânica	Dose de CaCO_3			
	1	2	3	4
1	4,46	5,62	5,77	5,84
2	5,55	5,61	5,67	5,69
3	5,70	5,81	5,87	5,81
4	5,89	5,92	6,01	5,98
D.M.S. Tukey a 5% = 0,25			C. V. = 4,53	

Da mesma forma em todos os níveis empregados de CaCO_3 o efeito geral da torta de algodão foi o de elevar o pH, tendo ocorrido diferenças significativas dentro de todas as doses de carbonato, exceto dentro da dose 4.

As Figuras 3 e 4 ilustram o que ocorreu.

De um modo geral o efeito do CaCO_3 ficou prejudicado devido às pequenas quantidades utilizadas do mesmo e, possivelmente, pelo aumento do poder tampão que a matéria orgânica confere aos solos. Daí, talvez o CaCO_3 só ter produzido diferenças significativas quando na ausência de torta de algodão.

Fig. 3 - Efeitos do CaCO_3 sobre o pH, dentro de matéria orgânica

Fig. 4 - Efeitos da matéria orgânica sobre o pH, dentro de CaCO_3

4.4 - Efeitos do CaCO_3 sobre os Teores de Al^{3+} trocável das Terras

Os resultados obtidos aparecem na Tabela 8 e são ilustrados pela Figura 5.

TABELA 8 - Efeitos do CaCO_3 sobre o teor de Al^{3+} trocável das terras

Doses de CaCO_3	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	0,73	0,17	0,24	0,21	0,14
2	0,50	0,16	0,21	0,20	0,14
3	0,32	0,16	0,20	0,20	0,13
4	0,22	0,17	0,19	0,20	0,16
D.M.S. Tukey a 5% = 0,04			C. V. = 16,95%		

Verifica-se que as diferentes doses de CaCO_3 tiveram efeitos significativos, apenas no solo Três Municípios; no Iracema, somente a dose 4 diferiu estatisticamente da dose 1, não diferindo, porém, das demais. Igualmente, neste solo, os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram o mesmo resultado.

Nos demais solos, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, resultado que o autor não possui argumentos convincentes para explicar. Porém, a não eliminação total do Al trocável está de acordo com SERVIN (1971) e PITTA (1974) e tal vez possa ser atribuído ao excessivo rigor na titulação final.

Fig. 5 - Efeitos do CaCO_3 sobre os teores de Al^{3+} trocável das terras

4.5 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre o Teor de Al^{3+} Trocável das Terras

Os resultados obtidos a este respeito são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - Efeitos da matéria orgânica sobre o teor de Al^{3+} trocável das terras

Doses de matéria orgânica	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	0,45	0,09	0,20	0,15	0,11
2	0,52	0,14	0,19	0,19	0,12
3	0,44	0,18	0,20	0,21	0,15
4	0,37	0,24	0,24	0,25	0,19
D. M. S. Tukey a 5% = 0,04					
C. V. = 16,95%					

Como a tendência geral da matéria orgânica foi a de elevar o pH das terras, era de se supor que o inverso ocorresse com o teor de Al^{3+} trocável.

Os números da Tabela 9 mostram que:

- a - Na série Três Municípios na dose 2 de matéria orgânica apareceu o maior teor de Al trocável e na dose 4, o menor. As doses 1 e 3 apresentaram efeitos intermediários, sem diferirem entre si.

- b - Nas séries Pau D'Alho, Cruz Alta e Formigueiro houve nítida tendência da torta aumentar o teor de Al^{3+} trocável das terras, embora nem sempre as diferenças entre tratamentos tenham sido significativas.
- c - Na série Iracema, apenas a dose 4 de torta mostrou tendência de elevar o teor de Al^{3+} trocável: esta dose entretanto, produziu resultado que diferiu apenas do apresentado pela dose 2; as doses 1, 2 e 3 não apresentaram resultados diferentes, estatisticamente, entre si.

Os resultados obtidos não são explicados pelos pHs das terras (CATANI e ALONSO, 1969; MELLO, não publicado) dos diversos tratamentos contidos na Tabela 6, nem pelo Al da torta e não concordam com os resultados obtidos por MELLO *et alii* (não publicado, b). Contudo, em trabalho semelhante, ZAGO (não publicado), utilizando dois Latossolos do Estado de São Paulo declararam que "os dados obtidos em relação ao Al^{3+} trocável não permitem uma conclusão geral", o que está de acordo com o obtido nesta dissertação.

A Figura 6 sintetiza os resultados obtidos.

Fig. 6 - Efeitos da matéria orgânica sobre os teores de Al^{3+} trocável das terras

4.6 - Efeitos sobre os Teores de Al trocável do CaCO_3 Dentro de Matéria Orgânica e da Matéria Orgânica Dentro de CaCO_3

Os resultados obtidos a este respeito se acham na Tabela 10. Aparecem, também, com finalidade ilustrativa nas Figuras 7 e 8.

TABELA 10 - Efeitos do CaCO_3 dentro de matéria orgânica e da matéria orgânica dentro de CaCO_3 sobre os teores de Al trocável

Doses de Matéria Orgânica	Doses de CaCO_3			
	1	2	3	4
1	0,32	0,18	0,15	0,14
2	0,32	0,24	0,20	0,17
3	0,20	0,26	0,20	0,20
4	0,28	0,27	0,25	0,24

D. M. S. Tukey a 5% = 0,04

C. V. = 16,95%

Os dados da Tabela 10 revelam que em todas as doses de matéria orgânica o efeito do CaCO_3 foi o de reduzir o teor de Al trocável, embora nem sempre as diferenças entre doses de CaCO_3 tenham sido significativas, talvez devido às pequenas quantidades usadas de carbonato. Esta explicação contudo, possivelmente não

é correta pois, mesmo sendo pequenas as doses de CaCO_3 utilizadas elas foram suficientes ou em excesso para precipitar todo o Al trocável.

Quanto aos efeitos de matéria orgânica dentro de CaCO_3 constata-se que nas doses 2, 3 e 4 de CaCO_3 a influência da torta de algodão foi a de elevar o teor de Al trocável, embora as diferenças dos efeitos entre doses deste fertilizante nem sempre tenham sido significativas. Dentro da dose 1 de CaCO_3 (ausência de CaCO_3), a matéria orgânica, não afetou significativamente o teor de Al trocável.

Estes resultados são de explicação difícil, conforme já foi comentado no item 4.5

Fig. 7 - Efeitos do $CaCO_3$ sobre o Al^{3+} trocável, dentro de matéria orgânica

Fig. 8 - Efeitos da matéria orgânica sobre o Al^{3+} trocável, dentro de $CaCO_3$

4.7 - Efeitos do CaCO_3 sobre os Teores de H Total das Terras

Os dados apresentados na Tabela 11 resumem os resultados obtidos. A Figura 9 os ilustra.

TABELA 11 - Efeitos do CaCO_3 sobre os teores de H total das terras

Doses de CaCO_3	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	6,68	3,64	7,74	2,58	2,14
2	6,05	3,60	7,23	2,53	2,10
3	5,46	3,61	7,17	2,51	2,16
4	4,69	3,69	7,13	2,17	2,45
D.M.S. Tukey a 5% = 0,61			C. V. = 12,73		

Os resultados observados na série Três Municípios, na qual as doses crescentes de CaCO_3 reduziram significativamente os teores de H total e na série Iracema, embora nesta não tenha ocorrido diferenças significativas são coerentes com o que se esperava e concordam com outros autores (SERVIN, 1971 ; PITTA, 1974).

O que aconteceu nas séries Pau D'Alho e Formigueiro é difícil de ser explicado: possivelmente se deve a erros experimentais. Deve-se notar, entretanto, que apesar da tendência do efeito quadrático, não houve diferenças significativas entre tratamentos.

Fig. 9 - Efeitos do CaCO_3 sobre os teores de H^+ das terras

4.8 - Efeitos da Matéria Orgânica sobre os Teores de H Total das Terras

Os elementos da Tabela 12 revelam os efeitos que a torta de algodão exerceu sobre os teores de H^+ total das terras. A Figura 10 ilustra esses resultados.

TABELA 12 - Efeitos da matéria orgânica sobre os teores de H^+ total das terras

Doses de Matéria Orgânica	Solos				
	Três Municípios	Pau D'Alho	Iracema	Cruz Alta	Formigueiro
1	5,59	3,86	7,84	2,43	2,17
2	5,99	3,66	7,58	2,38	2,28
3	5,92	3,62	7,07	2,47	2,13
4	5,36	3,40	6,77	2,51	2,26
D. M. S. Tukey a 5% = 0,61			C. V. = 12,73%		

Nota-se que nas séries Pau D'Alho e Iracema a matéria orgânica tendeu a reduzir a acidez total, embora diferenças significativas só sejam encontradas na série Iracema, onde as doses 3 e 4 de torta superaram a dose 1 e a dose 4 superou a 2. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por PAZ *et alii* (1966) e por ZAGO *et alii* (não publicado).

Nas demais séries de solos tal tendência não foi observada não havendo diferenças significativas entre tratamentos, exceto na Três Municípios na qual a dose 4 de torta superou estatisticamente a dose 2, resultado inesperado e em desacordo com a literatura citada.

Fig. 10 - Efeitos da matéria orgânica sobre os teores de H^+ das terras

4.9 - Efeitos sobre os Teores de H^+ Total do $CaCO_3$ dentro de Matéria Orgânica e da Matéria Orgânica dentro de $CaCO_3$

Os resultados obtidos se acham resumidos na Tabela 13 e representados nas Figuras 11 e 12.

TABELA 13 - Efeitos do $CaCO_3$ dentro de matéria orgânica e da matéria orgânica dentro de $CaCO_3$ sobre os teores de H^+ trocável

Doses de Matéria Orgânica	Doses de $CaCO_3$			
	1	2	3	4
1	4,77	4,36	4,33	4,06
2	4,64	4,47	4,35	4,07
3	4,55	4,25	4,12	4,06
4	4,27	4,14	4,39	4,31
D. M. S. Tukey a 5% = 0,52				
C. V. = 12,73%				

Dentro das quatro doses de matéria orgânica há tendência geral do $CaCO_3$ de reduzir os teores de H^+ total. Entretanto, diferenças estatisticamente significativas só existem nos seguintes casos:

a - Dentro da dose 1 de matéria orgânica: entre as doses 1 e 4 de $CaCO_3$;

b - Dentro da dose 2 de matéria orgânica: entre as doses 1 e 4 de CaCO_3 .

Dentro das doses 3 e 4 de matéria orgânica não há diferenças significativas entre as doses de CaCO_3 .

Os resultados observados estão de acordo com o que se conhece a respeito do CaCO_3 sobre a acidez total. A ausência de diferenças significativas dentro das doses 3 e 4 de matéria orgânica pode ser atribuída às pequenas doses de CaCO_3 empregadas e à elevação do poder tampão das terras causado pelas doses mais elevadas de torta de algodão .

No que se refere aos efeitos da matéria orgânica a tendência geral da mesma foi a de reduzir os teores de H^+ total embora não tenha ocorrido diferenças significativas dentro de doses de CaCO_3 . Esses resultados concordam com os obtidos por ZAGO *et alii* (não publicado) e, de certo modo, também com os de PAZ *et alii* (1977).

Nota-se que, na dose 4 de CaCO_3 a maior dose empregada de torta elevou a acidez total das terras embora de modo não significativo, estatisticamente.

Fig. 11 - Efeitos do CaCO_3 sobre os teores de H^+ das terras dentro de matéria orgânica

Fig. 12 - Efeitos da matéria orgânica sobre os teores das terras, dentro de CaCO_3

5 - CONCLUSÕES

As principais conclusões alcançadas podem ser resumidas da seguinte maneira:

- a - O método do Al trocável recomendou quantidades pequenas de calcário, insuficientes para eliminar totalmente o Al trocável das terras e só na ausência de matéria orgânica elevou eficazmente o pH, sem exercer efeitos apreciáveis sobre a acidez total.
- b - A matéria orgânica apresentou tendência geral de elevar o pH das terras, tendo sido dúbio os seus efeitos sobre os teores de Al trocável e H total.

6 - SUMMARY

This dissertation deals with a factorial experiment, 2^4 CaCO_3 x organic matter in the form of cotton seed meal.

The quantities of CaCO_3 were calculated by the exchangeable Al method, using the 1.5 factor. They were the following: 0 , 1 , 2 and 3 times the amount needed to eliminate the exchangeable Al of the soils.

The quantities of organic matter were equivalent to 0 , 15 , 30 and 45 t/ha , considering soil bulk density to be 1,5 and the depth of 20 cm.

The soils utilized are from the Piracicaba Municipality:

<u>Great Group</u>	<u>Séries</u>
Hydromorphic associated with ortho LVG	Três Municípios
Terra Roxa Estruturada, shallow phase	Pau D'Alho
Roxo Latosol	Iracema
Regosol intergrade to PVA Laras var.	Cruz Alta
Hydromorphic associated with PVA Laras var.	Formigueiro

The experiment was conducted in pots containing 1 Kg of soil, under laboratory conditions. The soil was maintained in a moist condition (about 50% of its water retention capacity) for 30 days. After this period they were dried, ground and sieved. Determination of pH, exchangeable Al and total H were done afterwards.

The main results obtained can be summarized as follows:

- a - The method of exchangeable Al indicated small quantities of lime, insufficient to completely eliminate the exchangeable Al from the soils. Only in the absence of organic matter did it cause a raise in pH, without causing any appreciable effects on total acidity.
- b - Organic matter showed a general tendency to, raise soil pH, whereas its effect on exchangeable Al and total were doubtful.

7 - LITERATURA CITADA

ALMEIDA, J. R. ; G. RANZANI e O. VALSECHI, 1950. A vinhaça na Agricultura. 8º Congresso Internacional de Indústrias Agrícolas, Bruxelas. Boletim nº 1 do Instituto Zimotécnico da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 20 pp.

ALMEIDA, J. R. ; G. RANZANI e O. VALSECHI, sem data, O emprego da vinhaça na agricultura. 2º Congresso Mundial de Adubos Químicos. Boletim nº 2 do Instituto Zimotécnico da E. S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 16 pp.

CATANI, R. ; J. R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim nº 69 do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, Campinas, 29 pp.

- CATANI, R. e O. ALONSO, 1969. Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz" 22: 141-156.
- COELHO, F. A. S. e F. VERLENGIA, sem data. Fertilidade do solo. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, vol. 6, 384 pp., Campinas.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura, 634 pp. Rio de Janeiro.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DE SOLOS, Sem data. Recomendações de fertilizantes para Goiás. 4.^a aproximação. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Goiás, Goiânia, 54 pp.
- DÖBEREINER, J. e R. ALVAREYDO, 1966. Eliminação da toxidez de manganês pela matéria orgânica em solo "Gray Hidromórfico". Pesq. Agropec. Bras. 1: 243-248.
- EIRA, A. F. e P. C. T. CARVALHO, 1970. A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo e sua influência nas variações do pH. Rev. Agric. 45: 15-21. S. Paulo.
- GARGANTINI, H. : F. A. S. COELHO ; F. VERLENGIA e E. SOARES, 1970. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo , 32 pp. Campinas.
- KAMPRATH, E. J., 1967. A acidez do solo e a calagem. (Traduzido por O. Muzilli e R. E. Kalckman). International Soil Testing, Boletim Técnico nº 4 , 23 pp.

- MALAVOLTA, E. e T. COURY, 1954. Apostilas de práticas de Química Agrícola. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- MELLO, F. A. F., 1974. Sobre a correção da acidez de quatro solos por três diferentes processos. Rev. Agric. 49: 68-74.
- MELLO, F. A. F. ; M. O. C. BRASIL SOBRINHO ; S. ARZOLLA e H. P. HAAG, 1977. Capacidade amonificante de dois solos de campo cerrado do Estado de São Paulo. Rev. Agric. 52: 157-160.
- MELLO, F. A. F., Não publicado. A relação $\text{pH} \times \text{Al}^{3+}$ trocável do solo. A ser publicado na Revista de Agricultura.
- MELLO, F. A. F. ; M. O. C. BRASIL SOBRINHO ; S. ARZOLLA ; A. COBRA NETTO e R. I. SILVEIRA, Sem data. Fertilidade, Fertilizantes e Fertilização do Solo. Vol. I. Fertilidade do Solo. Ed. Luiz de Queiroz" Ltda., 274 pp., Piracicaba.
- MELLO, F. A. F. ; R. F. SILVEIRA e S. R. HELLMMEISTER, Não publicado. Efeitos de incorporação de matéria orgânica sobre o pH e capacidade de troca catiônica de cinco solos do município de Piracicaba. Entregue para publicação em Ecossistema.
- MELLO, F. A. F. ; R. J. P. CUNHA ; P. A. JARA ; M. V. CARRETERO e E. ZAMBELLO JUNIOR e S. ARZOLLA, Não publicado. Efeitos da incorporação de restos de cultura de milho (*Zea mays*, L.) sobre algumas propriedades químicas e físicas de cinco séries de solos do município de Piracicaba. A ser publicado na Revista da Agricultura.
- PAZ, L. G. ; A. C. PEDROSA ; A. O. LOBÃO ; E. G. CARDOSO ; J. SUZUKI ; M. A. SLEUTJES ; S. A. L. FILHO e F. A. F. MELLO, 1977. Efeitos da aplicação de torta de mamona sobre algumas propriedades químicas de um Latosol Roxo e de um Regosol. Rev. Agric. 51: 207-213.

- PIPAEMG, 1972. Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. Secretaria da Agricultura do Estado de Minas Gerais, Belo Horizontes, 88 p.
- PITTA, G. V. E., 1974. Correção da acidez do solo utilizando o método do Al^{+3} trocável e efeitos dela decorrentes em seis unidades de solos. Dissertação, E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- RANZANI, G. ; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos, ESALQ, Piracicaba.
- VALSECHI, O. e F. PIMENTEL GOMES, 1954. Solos incorporados de vinhaça e seu teor em bases. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz", 11: 135-158.
- SERVIN, G. M., 1971. Estudos sobre a correção da acidez causada pelo Al^{3+} trocável em quatro solos e alguns efeitos dela decorrentes. Dissertação, E. S. A. "Luiz de Queiroz", 47 pp. Piracicaba.
- VAN RAIJ, B., 1975. Interpretação da análise de terra. Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, mimeog. 8 pp.
- YENNY, H., 1946. Factors of Soil Formation, 1.^a ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London, 281 pp.
- ZAGO, E. A. ; G. MATSUI ; M. T. MIRANDA ; J. D. VARGAS e F. A. F. MELLO, não publicado. Efeitos da adição de torta de ma mona sobre algumas propriedades de dois Latossolos do Estado de São Paulo. A ser publicado na Revista de Agricultura.