

SOLUBILIDADE DE ALGUNS CORRETIVOS EM QUATRO SOLVENTES QUÍMICOS E SUA RELAÇÃO COM ALGUNS PARÂMETROS DO SOLO^{1/}

Joaquim Eure Pereira^{2/}

José Mário Braga^{3/}

Onofre Cristo Brumano Pinto^{3/}

Laede Maffia de Oliveira^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Diferentes critérios podem ser usados para a avaliação agrônômica de um corretivo, em termos de deficiência relativa, com base nos teores de cálcio e/ou magnésio e na sua solubilidade em solventes químicos (1, 2, 5, 8, 9, 15). Ao usar tais critérios, entretanto, deve-se ter em mente que os resultados só devem ser considerados como utilizáveis se os parâmetros obtidos estiverem correlacionados com a variação dos teores de alumínio, cálcio e magnésio e com o pH do solo (1, 4, 6, 7, 14, 16, 18).

Assim, Gargantini e Camargo, citados por CAMARGO (6), concluíram que, no caso de material calcítico, para calcular a quantidade de calcário a ser aplicada deve-se multiplicar por 1,5 o teor de alumínio (expresso em eq.mg/100 cc TFSA),

^{1/} Parte da tese do primeiro autor, como exigência complementar para a obtenção do título de MS em Fitotecnia.

Recebido para publicação em 20-07-1979.

^{2/} Técnico do IBC, lotado no SERAC — CARATINGA. 35300 Caratinga, MG.

^{3/} Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Matemática da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

ao passo que, para material dolomítico ou escórias de siderurgia, o fator a ser usado deve ser 2,0.

Usando outro critério, Becker e Murkle, citados por BARDER (1), encontram correlação significativa entre a atividade dos calcários, avaliada pelo ácido acético, e a mudança de pH do solo, dez semanas depois da aplicação dos corretivos.

Por outro lado, SHAW e ROBINSON (14), usando o cloreto de amônio, 5 N, em solução fervente, obtiveram valores diferentes para materiais dolomíticos, em diversas granulometrias.

Os resultados do emprego do ácido etileno-diamino-tetracético de sódio (EDTA- Na_2) também se correlacionaram significativamente com os dados obtidos com a mudança do pH do solo e a mistura de calcário em suspensão de solo-água (4).

Além do uso dos materiais corretivos tradicionais, a utilização de escórias de siderurgia é viável como corretivo natural. Gomes *et alii* (11), trabalhando com dois tipos de escórias, com o objetivo de elevar o pH do solo, conseguiram resultados semelhantes aos que comumente foram obtidos com calcários dolomíticos. Em estudos em escórias, WUTKE *et alii* (19, 20) concluíram que todos os materiais corretivos diminuíram a acidez do solo. As escórias, entretanto, foram menos eficientes que os calcários dolomíticos, os calcários e os sambaquis. Com base nessas informações, foi realizado este trabalho, com o objetivo de verificar a possibilidade de usar o grau de solubilidade de corretivos para melhor caracterizar esse material agronomicamente e de obter dados que permitissem relacionar parâmetros do solo com o grau de solubilização do material corretivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste ensaio foram usados onze tipos de corretivos: sete calcários naturais, dois carbonatos p.a. — o de cálcio e o de magnésio e duas escórias de siderurgia, cujas características físicas e químicas principais vêm-se sintetizadas no Quadro 1.

Para testar a eficiência dos corretivos, foram usados um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Húmico, textura argilosa, e um Latossolo Vermelho-Amarelo Orto, textura argilosa. Neste trabalho, esses solos, cujas características físicas e químicas estão apresentadas nos Quadros 2 e 3, foram denominadas LVHd2 e LVHd3, respectivamente.

Os graus de solubilidade dos materiais corretivos foram avaliados considerando parâmetros dos solos obtidos após incubação com corretivos, em quantidades calculadas, de acordo com os teores de cálcio mais magnésio ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) e alumínio (Al^{+++}), trocáveis. O experimento foi executado em casa-de-vegetação, em delineamento em blocos casualizados, com duração de 30 dias.

Depois de calculadas as quantidades a adicionar (0,80 e 0,65 g, respectivamente, para os solos de LVHd2 e LVd3), os corretivos foram misturados com 500 cc de TFSA e colocados em vasos plásticos com capacidade de 1500 cc. A umidade do solo foi mantida em 80% da capacidade de campo durante todo o ensaio. Durante esse período, o conteúdo dos vasos foi revolido com o auxílio de bastão de vidro. Essa operação foi feita de dois em dois dias, até o 30.º dia, no fim do qual foi encerrado o trabalho.

Foram então retiradas amostras de solo de cada vaso, as quais foram analisadas, determinando-se pH, Al^{+++} , Ca^{++} , Mg^{++} e $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$.

De posse dos dados analíticos, os corretivos foram classificados de acordo com sua solubilidade, adotando-se o critério de análises dos contrastes verificados en-

QUADRO 1 - Macronutrientes, micronutrientes e alumínio nos materiais corretivos

Corretivos	P ppm	K ppm	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Al ppm
I 34-01	225,6	77,5	34,575	1,330	3,5	946,4	9,5	6.015,4	57,2	785,5
II 39-01	225,8	145,0	38,575	0,919	4,0	1.200,7	9,7	3.617,9	115,6	1.000,0
III 23-01	145,4	142,5	28,325	1,500	4,4	636,3	11,4	11.180,7	473,9	950,0
IV 19-11	28,2	140,0	19,325	10,799	4,5	681,1	14,0	37.923,0	12.006,0	2.499,9
V 24-09	17,5	43,2	24,575	8,769	4,5	300,1	7,0	1.002,6	33,9	312,5
VI 28-06	202,5	70,0	28,150	6,359	2,5	715,2	8,7	2.615,4	52,6	355,9
VII 22-02	253,7	29,0	22,500	11,769	0,7	389,0	9,1	719,2	18,9	257,8
VIII 28-03EG	87,5	2.450,5	28,500	3,299	35,0	735,7	24,8	3.085,4	7.361,9	69.810,7
IX 25-04EA	1.275,0	750,0	25,000	4,469	17,50	3.263,5	82,4	70.269,0	1.111,8	47.500,0
X 40-00	-	-	39,914	-	-	-	-	-	-	-
XI 00-28	-	-	-	28,87	-	-	-	-	-	-

tre as médias, observadas em parâmetros preestabelecidos. Para isso, fez-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

QUADRO 2 - Resultados das análises granulométricas dos solos LVHd2 e LVHd3

Solos	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação
LVHd2	25	8	22	45	Argiloso
LVHd3	44	15	7	34	Franco-argilo-arenoso

QUADRO 3 - Resultados das análises químicas dos solos LVHd2 e LVHd3

Solos	pH em H ₂ O (2,5:1)	ppm	ppm	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺⁺ + Al ⁺⁺⁺ (eq. mg/100 cc)	N %	C %	C/N	NC(+)
LVHd2	4,20	5,25	68,7	1,4	1,3	0,30	4,02	13 3.200
LVHd3	3,81	4,75	85,5	1,8	1,2	0,11	1,53	13 2.600

(*) NC - Necessidade de calagem, calculada de acordo com os teores de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ e Al⁺⁺⁺, trocáveis (26).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao estudar alguns parâmetros dos dois solos usados neste trabalho, arbitrariamente, iniciou-se com o estudo do pH e do Al⁺⁺⁺. Constatou-se que, exceto a testemunha, os referidos parâmetros não atingiram os valores esperados. De fato, no solo LVHd2, para os parâmetros pH e Al⁺⁺⁺ não foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as médias dos diferentes corretivos (Quadro 4). Verificou-se resultado semelhante (Quadro 5), mas somente com relação ao pH, para os dados referentes ao solo LVd3. Nesse caso, supõe-se que o fato seja causado pelo tamponamento do solo. Deve-se considerar, ainda, que a calagem, calculada com base no Al⁺⁺⁺ trocável como ocorre neste trabalho, é satisfatória para neutralizar o Al⁺⁺⁺ e dar bom suprimento de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺, como outros investigadores (4, 10) já têm verificado, embora não seja satisfatória para elevar o pH à faixa de neutralidade ou de pequena acidez, como já foi dito (13).

Nesse caso, nem o Al⁺⁺⁺ trocável, por efeito dos corretivos aplicados, atingiu

os menores níveis, nos dois solos, como era de esperar. Essa ocorrência pode ser justificada pelo período de incubação, 30 dias, insuficiente para que houvesse uma neutralização mais eficiente. O efeito dos corretivos sobre o pH e o Al^{+++} , nos dois solos, foi positivo e significativo ($p < 0,05$), bem como negativo e significativo ($P < 0,05$) sobre o pH e o Al^{+++} , nos dois solos. Apesar da semelhança de comportamento dos dois corretivos, os efeitos da ação dos outros corretivos (Quadros 2 e 3) foram maiores quando se usaram os carbonatos p.a. Em ordem decrescente, esses efeitos foram evidenciados pelo uso de calcários com maiores teores de cálcio (pobres em magnésio), calcários pobres em cálcio (ricos em magnésio) e escórias. O mesmo ocorreu com os parâmetros Ca^{++} , Mg^{++} e $Ca^{++} + Mg^{++}$, embora tenham comportamento semelhante, isto é, com interação entre solo e tipo de corretivo, não significativa para pH e Al^{+++} . Os teores desses elementos existentes no solo estão significativamente correlacionados ($p < 0,01$) com os seus teores nos corretivos.

Quando os corretivos são homogêneos — calcários, por exemplo — a correlação simples entre os teores do elemento no solo e os existentes no material corretivo é significativa ($p < 0,01$). Nessas condições, essa correlação também está estreitamente ligada ao grau de solubilidade dos materiais corretivos.

Evidentemente, essas correlações podem ser mascaradas pela presença de materiais heterogêneos, como ocorreu com o grupo de corretivos usados neste trabalho (Quadros 2 e 3).

Neste trabalho, ao tentar correlacionar os teores de cálcio trocável com os existentes nos corretivos aplicados, verificou-se que, com a presença de todos os corretivos, os coeficientes das correlações simples, iguais a 0,806 e 0,755, foram, ambos, significativos ($p < 0,01$), para os solos LVHd2 e LVd3, respectivamente. Eliminando o carbonato de magnésio p.a., os coeficientes de correlação aumentaram para 0,889 e 0,921, seguindo a mesma ordem anterior. Finalmente, sem a presença das escórias, mantendo-se somente os calcários e os carbonatos de cálcio p.a., os valores foram aumentados para 0,912 e 0,943.

Com base nos valores dessas correlações e nos resultados apresentados nos Quadros 1, 4 e 5, pode-se afirmar que o teor de cálcio trocável obtido pela incorporação de calcário natural ao solo está correlacionado com o teor do elemento no material corretivo; que as escórias, mesmo constituídas de altos teores de cálcio, comportam-se como materiais corretivos pouco solúveis; que, para o cálcio trocável, o emprego da solução de cloreto de potássio (KCl-1,0 N) como extrator parece ser uma das possibilidades indicadas para a execução de tarefas de natureza semelhante à deste trabalho.

Para o solo LVHd2, os coeficientes das correlações simples entre os teores de cálcio e de magnésio trocáveis e os parâmetros do solo, após a incorporação de materiais calcários, não foram significativos ($p < 0,05$).

Para o solo LVd3, de modo semelhante ao que ocorreu com os teores de cálcio e de magnésio trocáveis, os teores de cálcio dos materiais corretivos apresentaram, também, correlações simples não significativas ($p < 0,05$) com os demais parâmetros analisados no solo LVHd2, com a incorporação de calcários naturais, como se vê nos Quadros 6 e 7.

Os efeitos causados pelos corretivos sobre alguns parâmetros do solo (pH, Al^{++} , Mg^{++} e $Ca^{++} + Mg^{++}$) e a solubilidade em ácido acético, ácido clorídrico, cloreto de amônio e EDTA (Quadro 8) foram correlacionados entre si, obtendo-se coeficientes significativos em alguns casos e não significativos noutros, aos níveis de probabilidade preestabelecidos. Esses efeitos foram observados tanto de modo geral como em cada tipo de solo isoladamente.

QUADRO 4 - Valores dos resultados das análises químicas de pH, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, após 30 dias de incubação do solo LVHd2 com diferentes tipos de materiais corretivos. Médias de 4 repetições. Viçosa, 1977

Tratamentos	pH em H ₂ O (2,5:1)	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	
					(eq. mg/100 cc TFSA)	
I 34-01	5,42 a(*)	0,45 a(*)	4,00 a (*)	1,05 de (*)	5,05 a	(*)
II 38-01	5,27 a	0,50 a	4,07 a	0,95 de	5,02 a	
III 28-01	5,27 a	0,52 a	3,72 a	1,25 cde	4,97 ab	
IV 19-11	5,22 a	0,57 a	0,95 bcd	1,95 bc	2,90 d	
V 24-09	5,42 a	0,55 a	2,00 b	1,92 bc	3,92 bcd	
VI 28-06	5,25 a	0,57 a	1,77 bc	2,05 b	3,82 cd	
VII 22-12	5,25 a	0,62 a	1,52 bcd	2,10 b	3,62 ed	
VIII 28-03 EG	5,12 a	0,67 a	1,62 bc	1,57 bcd	3,20 cd	
IX 25-04 EA	5,15 a	0,65 a	1,60 bc	1,55 bcd	3,12 d	
X 40-00	5,45 a	0,52 a	4,30 a	0,85 de	5,15 a	
XI 00-28	5,25 a	0,55 a	0,77 cd	3,50 a	4,27 abc	
Testemunha	4,10 b	1,30 b	0,50 d	0,50 e	1,00 e	

(*) Os dados seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 1%.

QUADRO 5 - Valores das análises químicas de pH, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ + Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, após 30 dias de incubação do solo LVHd3 com diferentes tipos de materiais corretivos. Médias de 4 repetições. Viçosa, 1977

Tratamentos	pH em H ₂ O (2,5:1)	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺
		(eq. mg/100 cc TESA)			
I 34-01	5,50 ab(*)	0,55 a(*)	3,15 ab(*)	0,85 cde(*)	4,00 abc(*)
II 38-01	5,45 ab	0,50 a	2,85 bc	0,77 de	3,62 bcd
III 28-01	5,50 ab	0,50 a	2,37 c	1,02 cde	3,40 cde
IV 19-11	5,42 ab	0,65 a	1,02 ef	1,72 b	2,75 efg
V 24-09	5,45 ab	0,70 a	1,35 de	1,77 b	3,12 def
VI 28-06	5,40 ab	0,67 a	1,55 d	1,62 b	3,17 de
VII 22-12	5,35 ab	0,67 a	1,07 def	1,95 b	3,03 def
VIII 28-03 EG	5,25 b	0,77 a	1,30 def	0,97 cde	2,27 gh
IX 25-04 EA	5,32 ab	0,72 a	1,30 def	1,12 c	2,42 fg
X 40-00	5,67 a	0,55 a	3,40 a	1,10 cd	4,50 a
XI 00-28	5,47 ab	0,70 a	1,07 def	3,12 a	4,20 ab
Testemunha	3,95 c	1,22 b	0,85 f	0,75 f	1,60 h

(*) Os dados seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 1%.

QUADRO 6 - Correlações simples entre os teores de cálcio e de magnésio trocáveis e demais parâmetros analisados no solo LVHd3, com a incorporação de calcários naturais

	pH	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺
Ca ⁺⁺	0,796*	-0,826*	-	-0,911**	0,944**
Mg ⁺⁺	-0,582 NS	0,937**	-0,911**	-	-0,726*

** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não-significativo.

QUADRO 7 - Correlações simples entre os teores de cálcio existentes nos calcários naturais e os parâmetros analisados nos solos LVHd2 e LVHd3, após incubação durante 30 dias

Solos	pH	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺
LVHd2	0,520 NS	-0,718*	0,912**	-0,545 NS	0,264 NS
LVHd3	0,704 NS	-0,727*	0,943**	-0,835**	0,909**

** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

* - Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Não-significativo.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A solubilidade de onze corretivos (sete calcários naturais, duas escórias de siderurgia e dois carbonatos p.a.) foi determinada usando-se como solventes químicos o ácido clorídrico-0,1 N, o ácido acético-a 1%, o cloreto de amônio-1 N e o EDTA-0,25 N.

A solubilidade dos corretivos foi avaliada pelos efeitos causados sobre o pH e os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, após a incubação desses corretivos com amostras de dois solos (Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico e Latossolo Vermelho-Amarelo Orto). As quantidades dos corretivos aplicadas foram calculadas para neutralizar o alumínio trocável das amostras, que foram mantidas, durante o período de incubação, numa umidade constante, equivalente a 80% da capacidade de campo.

Os teores de cálcio trocável das amostras dos dois solos e os teores de cálcio

QUADRO 8 - Correlação simples entre alguns parâmetros utilizados na avaliação da solubilidade dos diferentes materiais corretivos

	Ácido acético	Ácido clorídrico	Cloreto de amônio	EDTA
(Ca CO ₃ equivalente - 12 horas - 60 mesh)				
Ác. acético	1,000	0,951**	0,763*	0,893**
Ác. clorídrico	0,951**	1,000	0,790*	0,918**
Cl amônio	0,763*	0,790*	1,000	0,893**
EDTA	0,893**	0,918**	0,893**	1,000
<u>Incubação Solo LVHd2</u>				
pH	0,712*	0,600 NS	0,374 NS	0,514 NS
Al ⁺⁺⁺	-0,646 NS	-0,25*	-0,575 NS	-0,816*
Ca ⁺⁺	0,884**	0,915**	0,827*	0,968**
Mg ⁺⁺	-0,630 NS	-0,428 NS	-0,629 NS	-0,616 NS
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	-0,117 NS	-0,203 NS	-0,042 NS	-0,147 NS
<u>Incubação Solo LVHd3</u>				
pH	0,867**	0,914**	0,600 NS	0,704 NS
Al ⁺⁺⁺	-0,621 NS	-0,755*	-0,738 NS	-0,827*
Ca ⁺⁺	0,901**	0,936**	0,697 NS	0,926**
Mg ⁺⁺	-0,696 NS	-0,809*	-0,716*	-0,903**
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	0,951**	0,921**	0,596 NS	0,828*
<u>Cálcio existente</u>				
<u>nos corretivos</u>	0,870**	0,886**	0,661 NS	0,889**
** - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.				
* - Significativo, a 5% de probabilidade.				
NS - Não-significativo.				

dos corretivos correlacionaram-se significativamente com os graus de solubilidade determinados pelos solventes químicos, exceto quando foi usado o cloreto de amônio.

Os coeficientes de correlação entre os teores de alumínio e de magnésio trocáveis e os graus de solubilidade dos corretivos determinados pelos solventes químicos (exceto o cloreto de amônio) foram significativos, no Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico.

5. SUMMARY

The solubility of seven liming materials (seven limestone, two basic slags and two pure carbonate), was determined using as chemical solvents 0.1 N hydrochloric acid, 1% acetic acid, 1 N ammonium chloride and 0.25 N EDTA.

The solubility of the liming materials was evaluated by their effects on pH values and on the soil exchangeable Ca, Mg, and Al, after incubating those materials with samples of two soils (a Humic Red Yellow Latosol and a Ortho Yellow Latosol).

The rates of liming tested were based on that amount required to neutralize the exchangeable aluminum of the soil samples after leaving the materials in incubation at a moisture content corresponding to 80% of the field capacity of the soils.

The soil exchangeable Ca and the Ca concentration in the liming materials were significantly correlated with their solubility as determined by the chemical solvents, with the exception of the ammonium chloride.

The soil exchangeable Al and Mg were significantly correlated with the solubility of the liming material as determined by the chemical solvents (with the exception of the ammonium chloride) in the Humic Red Yellow Latosol.

6. LITERATURA CITADA

1. BARBER, S.A. Liming materials and practices. In: PERSON, R.W. & ADAMS, F. *Soil acidity and liming*. Madison, Amer. Soc. of Agronomy Pub., 1967. p. 125-160.
2. BEAGER, R.L., ONGNECKER, D. & MERKLE, F.G. Influence of form, fineness, and amount of limestone on plant development and certain soil characteristics. *Soil Sci.* 72:75-83. 1952.
3. BRAGA, J.M., BRAGA, L.J. & FONTES, L.A.N. Efeito da aplicação de calcário sobre os níveis de pH, cálcio, magnésio, fósforo e potássio do solo. *Rev. Ceres*, 18:279-293. 1971.
4. BRAGA, J.M. *Fertilidade do solo*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa (Notas de aula do curso de Fertilidade do Solo), 1973. p. 156-185.
5. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.S. *Natureza e propriedades dos solos*. Rio de Janeiro, USAID, 1968. p. 58-69 e 407-415. (Tradução da 2 ed. inglesa por Antonio B. Neiva Figueiredo Filho).
6. CAMARGO, A.P. *Influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo*. Piracicaba, E.S.A.L.Q., Imprensa Universitária, 1972. 59 p. (Tese M.S.).
7. DEFELIPO, B.V. *Comparação entre métodos para determinar a necessidade de calcários de solos de Minas Gerais*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1970. 59 p. (Tese M.S.).
8. GALLO, J.R. Estudo da solubilidade, em solução de ácido acético, a 1%, de alguns materiais calcários de grau de finura comercial. *Bragantia*, 13:133-138. 1954.

9. GALLO, J.R. & CATANI, R.A. Solubilidade de alguns tipos de calcários. *Bragantia*, 13:63-74. 1954.
10. GARGANTINI, H. Efeitos da granulometria, formas e quantidades de materiais corretivos na acidez do solo. *Bragantia*, 33:87-96. 1974.
11. GOMES, A.G., GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G. Comportamento de tipos de escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. *Bragantia*, 24:173-179. 1965.
12. PRATT, P.T. *Química do solo*. Rio de Janeiro, Convênio USAID/MADPFS, 1966. 88 p.
13. RECOMENDAÇÕES DO USO DE FERTILIZANTE PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS. 2.^a tentativa. Belo Horizonte, Secretaria da Agricultura do Estado de Minas Gerais, PIPAEMG, 1972. p. 8-22.
14. SHAW, W.M. & ROBINSON, B. Chemical evaluation of neutralizing efficiency agriculture limestone. *Soil Sci.*, 89:262-272. 1959.
15. SHAW, W.M. Reaction efficiencies of liming materials as by lisimeter leachate composition. *Soil Sci.* 89:209-218. 1960.
16. VERLENGIA, F. & GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. *Bragantia*, 31:119-128. 1972.
17. VETTORI, L. *Métodos da análise do solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, EPE, 1969. 24 p. (Boletim técnico n.º 7).
18. WALTON, H.F. *A nova química*. São Paulo, Instituição Brasileira de Difusão Cultural (IBRASA), 1960. p. 69-78. (Tradução de Jorge Rêgo Freitas).
19. WUTKE, A.C.P., GARGANTINI, H. & GOMES, A.C. Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. *Bragantia*, 21:795-305. 1962.
20. WUTKE, A.C.P., GARGANTINI, H. & GOMES, A.C. Competição entre materiais corretivos (escórias de siderurgia versus calcário) em solos de várzea do Vale do Paraíba. *Bragantia*, 21:777-793. 1962.