

EFICIÊNCIA RELATIVA DE FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DE CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO¹

CARLA MARIA PANDOLFO² e MARINO JOSÉ TEDESCO³

RESUMO - Foram conduzidos dois experimentos em Latossolo Bruno Húmico (LB) e Podzólico Vermelho-Escuro distrófico (PE), com o objetivo de avaliar a eficiência relativa (ER) de seis frações granulométricas de um calcário comercial. Os trabalhos foram executados no campo, em microparcelas compostas de recipientes de polietileno de 14 litros de capacidade, enterrados ao nível do solo. Três doses de calcário de cada fração, calculadas em função de sua reatividade, foram adicionadas aos solos. Amostragens periódicas foram feitas de 3 a 99 meses no solo LB, e de 3 a 78 meses no solo PE. Foram determinados pH em água e em KCl 10⁻²M. Foram calculadas as eficiências relativas (ER) de cada fração, na correção da acidez do solo, em relação à eficiência do carbonato (padrão). A ER da fração de partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,84 mm foi, em média, de 31,5%, no período de dois anos. A fração das partículas compreendidas entre os diâmetros 0,84 e 0,30 mm apresentou ER de 68%, em média, no mesmo período, pressupondo-se uma distribuição normal de partículas. Partículas com diâmetro menor que 0,30 mm apresentaram ER de 100%, em dois anos.

Termos para indexação: pH, CaCO₃, calagem, granulometria de calcário.

EFFECTIVENESS OF LIMESTONE PARTICLE SIZE IN NEUTRALIZING SOIL ACIDITY

ABSTRACT - Two field microplots experiments were conducted on Haplohumox and Paleudult soils to study the effectiveness of six particle size fractions of commercial limestone in neutralizing soil acidity. Three lime levels were applied and the microplots were fourteen-liter plastic vessels buried at the soil surface level. Soil samples were taken from 3 to 99 months after liming in the Haplohumox soil and from 3 to 78 months in the Paleudult soil to determine: pH in water and in 10⁻²M KCl extracts. The relative effectiveness (RE) of limestone particles were compared to those of carbonate in neutralizing soil acidity. For particles ranging from 2.00 to 0.84 mm in diameter, RE was 31.5% on average for both soils, considering a two-year-period. For the 0.84 to 0.30 mm fraction the average effectiveness was 68.0%, on the same period, assuming a normal particle size distribution. Limestone particles smaller than 0.30 mm showed on average a 100% effectiveness for both soils.

Index terms: pH, CaCO₃, liming, limestone particles.

INTRODUÇÃO

A correção da acidez pela calagem é uma prática muito utilizada, tendo em vista a grande ocorrência

de solos ácidos no Brasil e o retorno econômico que ela proporciona. O calcário agrícola é o corretivo mais utilizado na correção da acidez do solo, dada a sua abundância e baixo custo.

A qualidade do calcário pode ser avaliada por diversos parâmetros, como: teor de neutralizantes, diâmetro dos seus grânulos, teor de impurezas e teor de umidade. O tamanho dos grânulos é um dos fatores que mais afeta a dissolução do calcário, pois sua reação no solo depende do contato entre o corretivo e o solo. Assim, quanto menores as partículas, maior é a sua ação na correção da acidez do solo (Davis, 1951; Swartzendruber & Barber, 1965). A efetividade

¹ Aceito para publicação em 7 de junho de 1996.
Extraído da Dissertação apresentada pelo primeiro autor à Fac. de Agronomia/UFRGS, como um dos requisitos do curso de Mestrado em Ciência do Solo.

² Eng. Agr., M.Sc., EECN/EPAGRI, Caixa Postal 116, CEP 89620-000 Campos Novos, SC.

³ Eng. Agr., Ph.D., Fac. de Agronomia/UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

dos calcários na correção da acidez do solo depende da eficiência relativa das partículas, por classe de granulometria, e do poder de neutralização (Raij, 1977). Esta eficiência é indicada pelo poder de neutralização total (PRNT) que considera, portanto, características físicas e químicas do corretivo.

Os índices de qualidade do calcário são regulamentados, atualmente, pela Portaria M.A. nº 3, de 1986 (Brasil, 1986), que oficializou a utilização do PRNT para os corretivos da acidez do solo. Segundo essa portaria, a eficiência relativa (ER) de partículas de diâmetro entre 2,00 e 0,84 mm (peneiras ABNT 10 e 20) é de 20%, em relação ao carbonato em pó. Partículas entre 0,84 e 0,30 mm (peneiras ABNT 20 e 50) têm ER de 60%, e partículas de diâmetro inferior a 0,30 mm tem eficiência de 100%.

Esses valores de eficiência relativa (ER) são utilizados para o cálculo do PRNT dos corretivos e, permitem a comparação qualitativa dos calcários.

Este trabalho teve como objetivo determinar as eficiências relativas de grânulos de diversos diâmetros de um calcário comercial, no campo, em dois solos de características diferentes, no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos no campo, utilizando-se os solos Latossolo Bruno Húmico álico (LB) - Haplohumox (Unidade de Mapeamento Duróx) - e Podzólico Vermelho-Escuro distrófico (PE) - Paleudult (Unidade de Mapeamento São Jerônimo) -, situados, respectivamente, nos municípios de Lagoa Vermelha e Eldorado do Sul, RS. Algumas características dos solos são dadas na Tabela 1.

O trabalho foi iniciado em 18 de novembro de 1977, no solo PE, e em 30 de maio de 1979, no solo LB. Os experimentos constaram de microparcelas compostas por recipientes cilíndricos de polietileno (23,6 cm de diâmetro por 32,0 cm de altura e volume de 14 litros), enterrados ao nível do solo, com tela de polietileno no fundo possibilitando livre drenagem.

Os tratamentos consistiram de três doses de seis frações granulométricas de um calcário comercial, três doses de carbonato e um tratamento sem calcário. O carbonato foi utilizado como referência, e constou de uma mistura, na proporção de 3:1 em base gravimétrica, de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, respectivamente. As características do calcário e do carbonato estão

especificadas na Tabela 2, e foram analisadas seguindo o método de Tedesco et al. (1985). As quantidades de calcário de cada fração foram calculadas em função de sua reatividade, estimada em teste inicial de laboratório. Esta reatividade foi de 20, 40, 70, 90, 95 e 100% no solo LB, e de 15, 30, 60, 80, 90 e 100% no solo PE, respectivamente, nas frações entre as peneiras 10 e 20, 20 e 35, 35 e 50, 50 e 120, 120 e 270, e menor que 270 malhas/polegada. Considerou-se que o carbonato apresenta uma reatividade de 100%, e que um hectare apresenta 2×10^6 kg de solo. À exceção da fração menor que 270 (diâmetro < 53 μ m), as demais frações foram lavadas com água destilada, para a remoção das partículas mais finas aderidas às mais grossas.

O solo foi tamizado em peneira de 4 mm de abertura de malha, utilizando-se 15 kg de solo (base seca) por microparcela. O corretivo das diversas frações foi misturado com toda a massa de solo, sendo os vasos enterrados, ao acaso, em área de 2,5 X 6,0 m. Foi utilizado o

TABELA 1. Características do Latossolo Bruno álico (LB) e Podzólico Vermelho Escuro distrófico (PE) estudados.

Características	Solo	
	LB	PE
pH em água	5,1	5,4
Al ³⁺ troc. (Cmol/L)	2,0	1,6
Ca troc. (Cmol/L)	1,6	1,2
Mg troc. (cmol/L)	0,8	0,9
Nec. calcário ¹ (t/ha)	7,7	2,5
M. Orgânica (%)	4,5	3,0
Teor de argila (%)	62	31

¹Quantidade de corretivo (PRNT 100%) para elevar o pH em água a 6,0, obtida após 6 meses de incubação com doses de carbonato de cálcio.

TABELA 2. Diâmetro de partículas, valor de neutralização e teores de cálcio e magnésio nas frações granulométricas do calcário.

Peneiras	Diâmetro de partículas	Valor de neutralização	Cálcio	Magnésio
malhas/pol	----- μ m-----	% ECaCO ₃ ¹	----- % -----	----- % -----
10 - 20	2.000 - 841	95,5	22,4	9,9
20 - 35	841 - 500	95,0	22,0	9,9
35 - 50	500 - 250	96,0	21,9	10,0
50 - 120	250 - 105	93,0	21,2	9,6
120 - 270	105 - 53	91,9	21,1	9,6
< 270	< 53	92,9	21,2	9,6
Carbonato	pó	100,5	29,7	5,8

¹ Equivalente em carbonato de cálcio.

delineamento completamente casualizado, com duas repetições, totalizando 44 microparcelas. O solo foi mantido descoberto, removendo-se periodicamente as plantas invasoras.

Amostras de solo coletadas com trado calador foram feitas de 3 a 99 meses no solo LB, e de 3 a 78 meses no solo PE, conforme indicado nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. As amostras foram secadas a 45°C, e tamizadas com peneira de 2 mm de abertura de malha, determinando-se: pH em água (2:1 solução:solo) e pH em KCl 10⁻²M (2,2:1 solução:solo) (Tedesco et al., 1985). Por meio de gráficos entre os valores de pH medidos e as quantidades de calcário adicionadas, foram determinadas as quantidades de corretivo, de cada fração e em cada época de amostragem, necessárias para elevar o pH em água a 5,5, 6,0 e 6,5, e o pH em KCl 10⁻²M a 5,0, 5,5 e 6,0.

O efeito corretivo médio de cada fração e em cada amostragem foi, a seguir, avaliado pela média aritmética das quantidades calculadas nos três níveis, tanto em água como em KCl 10⁻²M. Os valores obtidos foram próximos aos determinados nas equações de regressão para o pH 6,0 em água e 5,5 em KCl 10⁻²M.

Foram calculadas, a seguir, equações de regressão entre os valores do efeito corretivo médio e o tempo de reação até 24 meses. A eficiência (E) na correção do pH das diversas frações no período de 24 meses foi obtida pela integral destas equações, e a eficiência relativa (ER), em comparação com o corretivo-referência (CaCO₃), foi calculada por:

$$ER (\%) = \frac{\text{Eficiência (E) do corretivo referência}}{\text{Eficiência (E) do corretivo da fração em estudo}} \times 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH em água e pH em KCl 10⁻²M, determinados nos solos LB e PE com a adição da dose intermediária dos corretivos, são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Esses valores nos tratamentos com as doses maiores e menores seguem as mesmas tendências, e não serão apresentados.

Observa-se que todos os corretivos provocaram um aumento do pH em água e KCl 10⁻²M, em relação à testemunha (sem calcário), já no terceiro mês após a aplicação. As frações mais finas do calcário (120-270, <270), bem como o carbonato, foram mais eficientes no aumento do pH do solo neste período inicial (Tabelas 3 e 4). Mielniczuk et al. (1970) também observaram, em estudo de incubação de dois

solos, em laboratório, que o carbonato apresentou reação completa em menos de 21 dias após a aplicação. Isto poderá ocorrer também em condições de campo, caso o corretivo seja bem misturado ao solo e mantido com umidade favorável à reação de neutralização da acidez. A fração 120 a 270 apresentou os valores de pH mais altos no terceiro mês após a aplicação no solo LB, e no sexto mês, no solo PE. Os maiores valores de pH do solo nos tratamentos em que foi aplicada a fração 50-120 de corretivo foram atingidos aos seis meses no solo LB, e aos 18 meses, no solo PE.

Os maiores valores de pH em água, no tratamento com a adição de calcário da fração 35-50, foram obtidos a partir dos 24 meses, nos dois solos. Quanto às frações 10-20 e 20-35, seus valores mais altos de pH foram obtidos aos 30 e 42 meses, nos solos LB e PE, respectivamente. À semelhança do que foi observado por Love et al. (1960), foram obtidos aumentos de pH do solo mesmo com a adição de calcário da fração 10-20, devido às altas quantidades aplicadas. Este efeito foi pouco observado em outros trabalhos onde foi adicionada a mesma quantidade de corretivo de todas as frações granulométricas (Mielniczuk et al., 1970; Bohnen & Wünsche, 1972; Alcarde & Bellingieri, 1982).

Os valores de pH em KCl 10⁻²M foram, em geral, 0,3 a 0,6 unidades menores que os determinados em água. As equações de regressão e as correlações entre o pH em água (y) e pH em KCl 10⁻²M (x) calculadas no tocante aos solos LB e PE foram: $y = 0,985 + 0,899x$ ($r = 0,982$) e $y = 0,848 + 0,930x$ ($r = 0,967$), respectivamente. Estes valores estão próximos aos obtidos por Ernani & Almeida (1986), que calcularam a equação $y = 0,881 + 0,934x$ ($r = 0,979$) em 48 solos do Estado de Santa Catarina.

Os valores de eficiência relativa (ER) das frações de calcário e do carbonato, calculados pelo pH em água e em KCl 10⁻² M no período de 24 meses, são apresentados na Tabela 5. Este período foi utilizado, devido às pequenas perdas de efeito residual das partículas mais finas, à presença de efeito corretivo das partículas mais grossas e, ao maior retorno econômico das culturas nos primeiros anos após a calagem. Observa-se que a ER das frações mais grossas (10-20; 20-35 e 35-50) foi maior no solo LB. Estas diferenças podem ser atribuídas ao maior teor

TABELA 3. Valores de pH em água e em KCl 10⁻² M do solo LB, em diferentes épocas de amostragem, com a dose intermediária de corretivo aplicada das frações entre peneiras. Dados médios de duas repetições.

Amostragem (meses)	pH	Frações						CO ₃ ²⁻	Test.
		10-20	20-35	35-50	50-120	120-270	<270		
3	Água	6,3	6,4	6,4	6,4	6,6	6,6	6,5	5,0
	KCl	6,0	6,1	6,1	6,0	6,2	6,2	6,2	4,4
6	Água	6,8	6,4	6,6	6,6	6,6	6,4	6,4	5,0
	KCl	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,0	6,0	4,3
12	Água	6,8	6,9	6,6	6,4	6,4	6,4	6,3	4,8
	KCl	6,4	6,4	6,4	6,0	6,0	6,0	5,9	4,2
18	Água	7,0	6,8	6,4	6,2	6,3	5,7	6,2	4,6
	KCl	6,5	6,3	6,2	5,7	5,8	5,7	5,7	4,2
24	Água	7,1	7,0	6,7	6,2	6,4	6,4	6,2	4,8
	KCl	6,8	6,6	6,4	5,8	6,0	6,0	5,8	4,4
30	Água	6,9	7,2	6,9	6,3	6,4	6,3	6,3	4,8
	KCl	7,0	6,8	6,5	5,9	6,0	5,9	5,9	4,4
42	Água	7,1	6,9	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	4,7
	KCl	6,8	6,6	6,0	5,9	5,4	5,6	5,6	4,2
92	Água	6,8	6,3	6,1	5,7	5,9	5,8	5,9	4,9
	KCl	6,4	6,2	5,7	5,3	5,6	5,2	5,4	4,3
99	Água	6,7	6,3	6,1	5,5	5,9	5,6	5,8	4,9
	KCl	6,2	6,0	5,7	5,2	5,3	5,0	5,2	4,4
Dose aplicada (t/ha)		55,9	27,9	15,8	12,3	11,7	11,2	11,2	-

de argila e à precipitação média anual mais elevada que ocorre neste solo, fatores estes que favorecem a reatividade do calcário. A maior acidez deste solo pode também aumentar o gradiente de difusão de íons alcalinos a partir do grânulo de calcário, favorecendo a dissolução deste. A influência do tipo de solo na reação do calcário também foi observada por Mielniczuk et al. (1970) e Alcarde & Bellingeri (1982).

Os valores de ER determinados no solo LB num período de dois anos assemelham-se aos obtidos por Alcarde & Bellingeri (1982). Estes autores determinaram, em experimento de incubação, ER de 35% da fração 10 a 30, ER de 75% da fração 30 a 50, e ER de 100% da fração que passa na peneira 50 (médias de três solos e quatro tipos de calcários). Love et al.

(1960) atribuem a obtenção de altos valores de ER nos experimentos de incubação à melhor mistura do corretivo com o solo e às condições de umidade e temperatura favoráveis à reação.

Os valores de ER das frações de calcário, calculados com base no pH determinados em KCl 10⁻²M, foram, em geral, mais altos que os determinados com base no pH em água (Tabela 5), principalmente no solo LB.

A legislação brasileira (Brasil, 1986) adota os valores de ER de 20% e de 60% nas frações 10-20 e 20-50, respectivamente. A ER da fração 10-20 calculada neste trabalho foi de 31,5%, na média dos dois solos. Pressupondo-se uma distribuição normal de partículas na fração 20 a 50, obtém-se, na média dos

TABELA 4. Valores de pH em água e em KCl 10⁻²M do solo PE, em diferentes épocas de amostragem com a dose intermediária de corretivo aplicada das frações entre peneiras. Dados médios de duas repetições.

Amostragem (meses)	pH	Frações						CO ₃ ⁼	Test.
		10-20	20-35	35-50	50-120	120-270	<270		
3	Água	5,6	5,6	5,6	6,1	6,4	6,3	6,3	4,6
	KCl	5,2	5,5	5,6	5,9	6,2	6,0	6,1	4,1
6	Água	6,1	6,1	6,1	6,4	6,6	6,5	6,5	4,9
	KCl	5,6	5,7	5,7	6,0	6,2	6,1	6,1	4,2
12	Água	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3	6,2	6,1	4,5
	KCl	6,0	5,8	6,0	5,9	5,9	5,8	5,7	3,9
18	Água	5,8	6,8	6,9	6,7	6,5	6,4	6,4	4,9
	KCl	5,5	6,3	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	4,3
24	Água	7,2	7,0	7,0	6,6	6,6	6,6	6,4	5,2
	KCl	6,4	6,4	6,3	6,0	5,8	5,8	5,7	4,3
31	Água	7,2	7,0	7,0	6,6	6,3	6,3	6,2	5,0
	KCl	6,6	6,5	6,4	6,1	5,7	5,7	5,8	4,4
37	Água	6,6	7,1	6,6	6,0	6,2	6,2	6,2	4,9
	KCl	6,2	6,7	6,3	5,6	5,7	5,6	5,6	4,2
42	Água	7,4	7,2	7,0	6,6	6,4	6,2	6,2	5,1
	KCl	7,0	7,0	6,6	6,2	5,9	5,8	5,8	4,6
49	Água	7,4	7,2	6,7	6,3	6,2	6,0	5,9	4,8
	KCl	7,0	6,9	6,1	5,4	5,6	5,4	5,4	4,1
61	Água	7,2	7,1	6,3	6,0	5,9	5,8	5,8	4,7
	KCl	6,9	6,8	6,1	5,7	5,6	5,5	5,5	4,3
78	Água	6,8	6,3	5,7	5,4	5,4	5,6	5,5	4,6
	KCl	7,0	5,9	5,6	5,4	5,2	5,1	5,2	4,2
Dose aplicada (t/ha)		24,0	12,2	6,0	4,4	3,8	3,6	3,8	-

TABELA 5. Necessidade média de calcário (NC) e eficiência relativa (ER) das frações e do carbonato, calculadas pelo pH em água e em KCl 10⁻²M.

Fração (peneiras)	pH água		pH KCl 10 ⁻² M	
	NC ¹ média	ER média	NC média	ER média
	-- t/ha --	--- % ---	-- t/ha --	--- % ---
	Solo LB			
10 - 20	20,4	44,6	19,1	50,3
20 - 35	10,9	83,5	9,4	102,1
35 - 50	10,1	90,1	8,4	114,3
50 - 120	9,8	92,9	8,9	107,9
120-270	8,5	107,1	8,2	117,1
<270	9,7	93,8	8,4	114,3
Carbonato	9,1	100,0	9,6	100,0
	Solo PE			
10-20	15,7	18,5	14,0	20,7
20 - 35	8,2	35,4	7,0	41,4
35 - 50	4,6	63,0	4,1	70,7
50 - 120	2,9	100,0	2,9	100,0
120-270	2,5	116,0	2,7	107,4
<270	2,6	111,5	2,8	103,6
Carbonato	2,9	100,0	2,9	100,0

¹ Necessidade média de calcário para elevar o pH em água a 5,5, 6,0 e 6,5 e pH em KCl 10⁻²M a 5,0, 5,5 e 6,0.

dois solos e das frações testadas, a ER de 68,0%. Considerando-se que neste trabalho não foi incluído um solo arenoso, em que a ER das frações mais grossas é menor, os índices adotados na legislação devem estar próximos à realidade de grande parte dos solos brasileiros.

CONCLUSÕES

1. A eficiência relativa das partículas de calcário com diâmetro entre 2,00 e 0,84 mm (peneiras 10 e 20), num período de dois anos, é de 31,5%.

2. A eficiência relativa das partículas de calcário com diâmetros entre 0,84 e 0,30 mm (peneiras 20 e 50), num período de dois anos, considerando-se uma distribuição normal de partículas, é de 68,0%.

3. As partículas de calcário com diâmetro menor que 0,30 mm (passantes na peneira 50) apresentam eficiência relativa de 100% na correção da acidez dos solos, num período de dois anos.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C.; BELLINGIERI, P.A. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcário, na neutralização da acidez dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p.28.
- BOHNEN, H.; WÜNSCHE, W. **Determinação da reação do calcário no solo, através do estudo da sua composição granulométrica**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1972. 9p. Relatório final de projeto de pesquisa.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria Nº 31, de 8 de junho de 1982. Determina as características físicas, PN e PRNT mínimas dos corretivos da acidez do solo: classifica os calcários agrícolas em função do PRNT e determina como será calculado o PRNT. **Diário Oficial**, Brasília, 14 jun. de 1986. Seção 1, p.10.790.
- DAVIS, F.L. Effect of fineness of agricultural lime upon crop response. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, n.6, p.251-255, 1951.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p. 143-150, 1986
- LOVE, J.R.; COREY, R.B.; OLSEN, C.C. Effect of particle size and growth of alfalfa. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7., Madison. **Transactions...** [S.1.]: International Society of Soil Science, 1960. v.3, p.239-301.
- MIELNICZUK, J.; BOHNEN, H.; WÜNSCHE, W. **Influência da finura de calcário dolomítico no tempo de reação para a correção da acidez do solo**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1970. 9p. Relatório final do projeto de pesquisa.
- RAIJ, B. van. Estudo de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo. IV - O poder de neutralização total. **Bragantia**, Campinas, v.36, p.139-145, 1977.
- SWARTZENDRUBER, D.; BARBER, S. Dissolution of limestone particles in soil. **Soil Science**, Baltimore, v.100, n.4, p.287-291, 1965.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).