

ALTERAÇÕES DE ATRIBUTOS DO SOLO PELA CALAGEM SUPERFICIAL E INCORPORADA A PARTIR DE PASTAGEM NATURAL⁽¹⁾

D. S. RHEINHEIMER⁽²⁾, E. J. S. SANTOS⁽³⁾, J. KAMINSKI⁽²⁾,
E. C. BORTOLUZZI⁽³⁾ & L. C. GATIBONI⁽³⁾

RESUMO

A aplicação superficial de calcário pode ser uma alternativa para a correção da acidez do solo sob plantio direto. Este trabalho avaliou as modificações em alguns atributos químicos provocadas pela aplicação de calcário superficial e incorporado ao solo a partir de pastagem natural. O experimento foi feito na área Experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), num Argissolo Acinzentado distrófico plíntico. Os tratamentos, com 0,0, 2,0, 8,5 e 17,0 t ha⁻¹ de calcário incorporado na camada de 0-20 cm e em superfície, foram distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições. Aos 24 meses, reaplicou-se em superfície a dose no tratamento de 2,0 t ha⁻¹. Aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação do calcário, coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0,0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10,0 e 10,0-15,0 cm. Avaliaram-se os atributos químicos relacionados com a acidez do solo. A correção da acidez do solo foi proporcional à dose de calcário aplicada, independentemente do modo de aplicação. A aplicação de calcário superficial criou uma frente de correção da acidez em profundidade proporcional à dose e ao tempo. Foram necessários 36 meses para que a saturação com alumínio atingisse nível próximo de zero na camada de 0,0-2,5 cm com a aplicação de 2,0 + 2,0 t ha⁻¹; 36 meses para a camada 2,5-5,0 cm com 8,5 t ha⁻¹; e 48 meses para a camada 5,0-10,0 cm com 17,0 t ha⁻¹.

Termos de indexação: acidez, movimentação de cátions, bioporos, plantio direto.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 1999 e aprovado em julho de 2000.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Caixa Postal 221, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Danilo@ccr.ufsm.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc em Agronomia – Biodinâmica de Solos. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Caixa postal 221, CEP 97105-900 Santa Maria (RS).

SUMMARY: *CHANGES IN ACID SOIL PROPERTIES BY SUPERFICIAL AND INCORPORATED LIMING ON NATURAL PASTURE*

Superficial liming is an alternative way to correct soil acidity in no till system. The objective of this study was to evaluate the effects of superficial and incorporated liming on native pasture. The experiment was carried out at the experimental field of the Soil Science Department, at the Universidade Federal de Santa Maria (Brazil), on a Plinthaquult medium texture and with high potential acidity under native pasture. Lime rates of 0.0, 2.0, 8.5 and 17.0 Mg ha⁻¹ were used. On half of the plots lime was mixed with the topsoil by disk plow and left on the surface on the other half of the plot. The experimental design was arranged in completely randomized blocks with four replications. After 6, 18, 36, and 48 months, soil was sampled at four depths, 0.0-2.5, 2.5-5.0, 5.0-10.0 and 10.0-15.0 cm and the attributes related to soil acidity evaluated. The surface applied lime was effective in neutralizing soil acidity, at a depth proportional to the rate and time. With 2.0 + 2.0 t ha⁻¹, aluminum saturation reached near zero (0.0-2.5 cm layer) at 36 months; with 8.5 t ha⁻¹, it reached near zero (2.5-5.0 cm) at 36 months; with 17.0 t ha⁻¹ it reached near zero (5.0-10.0 cm) at 48 months.

Index terms: acidity, movement of cations, bioporous, no-tillage system.

INTRODUÇÃO

O plantio direto (SPD) difere, fundamentalmente, do sistema de cultivo convencional (SCC) pelo manejo do solo; visto que, no primeiro, não há revolvimento e a área permanece coberta pelos restos da cultura anterior ou por vegetação cultivada. No entanto, em ambos os sistemas, há necessidade da adição dos insumos, especialmente calcário, pois os solos cultiváveis, em sua maioria, são ácidos e necessitam de corretivos da acidez. A utilização do SPD tem aumentado exponencialmente nos últimos anos, quer ocupando as áreas que vinham sendo cultivadas no SCC, quer com pastagens naturais geralmente utilizadas com a exploração da pecuária. Os solos com pastagens naturais, de modo geral, apresentam elevada acidez, com a presença de alumínio e manganês trocáveis em quantidades prejudiciais às plantas e teores de fósforo deficientes, havendo necessidade da adição de insumos para minimizar estes óbices.

No SCC, a correção da acidez do solo pressupõe a incorporação do calcário ao solo, revolvendo-o com aração e gradagens (CFS RS/SC, 1995). Essa prática altera algumas características físicas do solo, diminuindo a porosidade, a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados, além de destruir os canais resultantes da expansão radicular e da atividade biológica, o que prejudica a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e facilitando a erosão (Fucks et al., 1994). Isso é preocupante, considerando serem necessários, aproximadamente, três anos de SPD para recuperar de 50 a 90% dos agregados destruídos pela mobilização do solo (Cargnelutti et al., 1996).

Como no SPD a mobilização do solo é mínima, não é possível incorporação do corretivo da acidez ou outros insumos, razão por que devem ser aplicados superficialmente quando necessários. Apesar da baixa solubilidade desse material, tem-se observado a formação de uma frente alcalinizante, que avança lentamente, neutralizando a acidez na subsuperfície (Caires et al., 1998; Amaral, 1998). A pequena mobilização que ocorre somente na linha de semeadura possibilita incorporação do calcário nesta região, e, com os repetidos ciclos de plantio, pode auxiliar a movimentação descendente de suas partículas, mas não além da profundidade de semeadura.

Também a decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo deve originar compostos orgânicos hidrossolúveis, que complexam o cálcio, permitindo a sua percolação. A presença de alumínio provoca troca com o cálcio, por causa da maior afinidade daquele, diminuindo a fração de alumínio fitotóxico e aumentando o teor de cálcio na solução (Miyazawa et al., 1992, 1996; Oliveira & Pavan, 1996). Os ânions, como nitratos, sulfatos, cloretos e silicatos presentes, originados da decomposição dos resíduos culturais ou da adição de fertilizantes, também contribuem para a percolação do cálcio e magnésio e, em menor grau, de outros cátions (Pearson et al., 1962; Blevins et al., 1977; Caires et al., 1998; Amaral, 1998).

Caires et al. (1998) observaram, já aos doze meses da aplicação de calcário na superfície de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média do estado do Paraná, aumento do pH e dos teores de Ca e Mg trocáveis e diminuição do Al trocável até à profundidade de 10 cm. Esse efeito prolongou-se com o tempo para as doses maiores, mas o calcário

continuou reagindo até os 28 meses depois de sua aplicação, o que é pertinente, pois sua máxima reação geralmente ocorre entre 15 e 36 meses da aplicação (Oliveira et al., 1997). Pöttker & Ben (1998) também constataram, para Latossolos cultivados sob SPD no estado do Rio Grande do Sul, correção da acidez até os 5 e 10 cm de profundidade, aos 12 e 36 meses da aplicação superficial do calcário, respectivamente. A ação do tempo na correção em subsuperfície foi mais pronunciada para doses maiores.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação superficial e incorporada de calcário ao solo de pastagem natural, estimado pelas alterações nos atributos químicos relacionados com a acidez do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), num Argissolo Acinzentado distrófico plíntico textura média relevo suave ondulado substrato sedimentos recentes aluviais. A área vinha sendo manejada como pastagem natural até 1994, quando da instalação do experimento. Em outubro desse ano, coletaram-se amostras de solo na camada de 0-20 cm, cujos resultados químicos foram: pH em água = 4,4; índice SMP = 4,5 (servindo como base para os tratamentos com calcário); M.O. = 37 g dm⁻³; Al trocável = 3,3 e Ca + Mg trocáveis = 3,7 cmol dm⁻³; P disponível = 2,3 mg dm⁻³ e K disponível = 54 mg dm⁻³.

A vegetação da pastagem natural foi dessecada com glyphosate. Os tratamentos consistiram da aplicação superficial e incorporação do calcário, com uma aração e duas gradagens (parcela principal), nas doses de 0,0; 2,0; 8,5 e 17,0 t ha⁻¹ (subparcela). A mobilização do solo para a incorporação do calcário somente ocorreu na instalação do experimento e, após isso, do mesmo modo que na aplicação superficial, seguiu a adoção de técnicas do plantio direto. Aos 24 meses, reaplicou-se em superfície a dose no tratamento de 2,0 t ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela principal media 12 x 12 m e a subparcela 6 x 12 m.

Cultivaram-se milho, nas safras 94/95 e 96/97; soja, nas safras 95/96 e 97/98, e azevém, nos invernos de 95, 96, 97 e 98. Os resultados das produtividades foram discutidos por Kaminski et al. (2000).

Coletaram-se amostras de solo com trado calador (10 subamostras/subparcela) aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação do calcário, nas profundidades de 0,0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10,0 e 10,0-15,0 cm. O solo foi seco em estufa a 55°C e passado em peneira de 2 mm. Avaliaram-se o pH em água e os teores de Ca, Mg e Al trocáveis (Tedesco et al., 1995). Calculou-se a saturação por Al, considerando a capacidade de troca de cátions efetiva alcançada no tratamento respectivo.

Os valores de pH em água, os teores de Ca, Mg e Al trocáveis e a saturação por Al foram submetidos à análise de variância, considerando os modos de aplicação como parcela principal, as doses como subparcelas e as camadas de solo amostradas como subsubparcelas. Também, para detalhar a movimentação do calcário em profundidade, quando da aplicação superficial, consideraram-se as datas de amostragem como um fator. Por ter ocorrido interação tripla entre modo x dose x camada, em todas as coletas, não se ajustaram regressões para as doses de calcário. Deste modo, as discussões a respeito de doses foram baseadas no seu comportamento genérico. As médias dos modos de aplicação, camadas amostradas e datas das avaliações foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

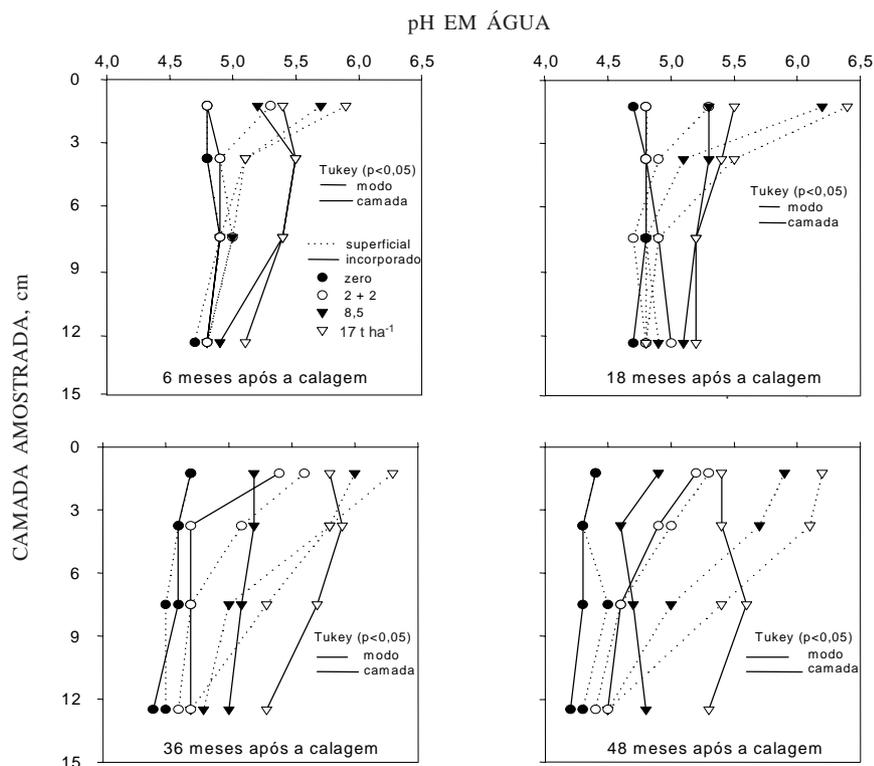
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados apresentados no quadro 1 e nas figuras 1, 2, 3 e 4, verificou-se que a incorporação do calcário proporcionou mais uniformidade na ação do corretivo da acidez, que se mostrou proporcional à dose e profundidade de aplicação. A aplicação de 2,0 t não alterou o pH (Figura 1), mas diminuiu o Al trocável (Figura 2) e elevou os teores de Ca e Mg trocáveis (Figuras 3 e 4), resultando na diminuição da saturação por Al de 39 para 36%, na camada de 0,0-2,5 cm, e de 44 para 39%, na camada de 2,5-5,0 cm, aos 6 meses da aplicação. Aos 18 meses de sua aplicação, ainda foi observada a ação do corretivo, já que todas as características estimadas mostraram alterações à avaliação anterior, mas com a mesma tendência. O decréscimo na saturação aos 36 e 48 meses deve ser creditado à reaplicação superficial de mais 2,0 t ha⁻¹ aos 24 meses, o que também deve ter contribuído para o leve decréscimo na saturação por alumínio até 10 cm.

Com a metade da dose recomendada (8,5 t ha⁻¹), o valor de pH elevou-se e permaneceu em torno de 5,2 até os 36 meses, diminuindo para menos de 5,0 aos 48 meses (Figura 1). Também os teores de Al trocável foram afetados, diminuindo gradativamente de 3,0 para 0,5 cmol dm⁻³ dos 6 aos 36 meses da aplicação, e tornou a aumentar aos 48 meses da aplicação (Figura 2). Deste modo, pode-se inferir que o efeito residual da metade da dose recomendada prolongou-se pelo período de 36 a 48 meses. Comportamento similar foi observado nos teores de Ca e Mg trocáveis, que aumentaram até os 36 meses e diminuíram aos 48 meses da aplicação (Figuras 3 e 4). Isto pode ser atribuído ao fato de que, em ambientes com chuvas bem distribuídas, como no sul do Brasil, a maior reação do calcário no solo se dá entre os 15 e 36 meses após sua aplicação (Oliveira et al., 1997). Todavia, a saturação por alumínio manteve-se até os 48 meses (Quadro 1).

Quadro 1. Saturação por alumínio aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação de calcário superficial ou incorporado ao solo sob pastagem natural

Calcário	Camada (cm)							
	Incorporado				Superficial			
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-15	0-2,5	2,5-5	5-10	10-15
t ha ⁻¹	%							
6 meses após a calagem								
0,0	39	44	42	54	36	37	49	58
2,0	36	39	32	47	7	37	49	58
8,5	16	13	17	39	1	27	49	57
17,0	5	9	14	21	1	14	43	57
18 meses após a calagem								
0,0	36	43	44	55	34	36	47	60
2,0	28	33	27	47	3	29	45	53
8,5	6	12	14	26	0	5	37	55
17,0	0	1	5	15	0	1	25	54
36 meses após a calagem								
0,0	34	45	50	59	29	45	56	59
2,0	14	19	32	42	1	26	44	60
8,5	4	11	12	27	0	2	35	57
17,0	2	2	1	8	0	0	10	41
48 meses após a calagem								
0,0	38	49	56	62	31	39	55	62
2,0	4	13	25	50	1	6	32	61
8,5	11	11	14	24	0	0	28	51
17,0	1	1	2	6	0	0	2	41

**Figura 1. pH em água de diferentes camadas de solo aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação de calcário superficial ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural.**

Mesmo com a incorporação de $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, dose recomendada para elevar o pH a 6,0 pelo método SMP, o pH só ultrapassou 5,5 aos 36 meses (Figura 1). O Al trocável somente foi neutralizado na profundidade de 10 cm, após 36 meses, tendendo a elevar seus valores aos 48 meses (Quadro 1 e Figura 2). Os teores de Ca trocável aumentaram de 2,0 para $5,0 \text{ cmol dm}^{-3}$ até 5 cm e a $4,0 \text{ cmol dm}^{-3}$ nas camadas mais profundas aos 6 meses da aplicação do calcário; aos 18 meses, ocorreu um gradiente com a profundidade com $7,8 \text{ cmol dm}^{-3}$, na camada de 0,0-2,5 e $4,0 \text{ cmol dm}^{-3}$, na camada de 10,0-15,0 cm, o que pode ter ocorrido por não ter a incorporação alcançado 15 cm de profundidade. Dos 18 aos 36 meses, ocorreu migração do Ca das camadas superficiais para as mais profundas, o que equívaleu a, aproximadamente, $1,7 \text{ cmol dm}^{-3}$ (4,1 para 5,8) na camada de 10,0-15,0 cm e uniformizando o teor em todo o perfil. Isto evidencia que, mesmo com a incorporação do calcário, também ocorreram uma frente alcalinizante e migração de cátions em profundidade.

O comportamento do Mg foi semelhante ao do Ca, aumentando de 2,0 para, aproximadamente, $4,0 \text{ cmol dm}^{-3}$ em todas as camadas. Com isso, os valores de *m* ficaram, em média, inferiores a 4% até à profundidade de 10 cm e a 13% na camada de 10-15 cm (Quadro 1).

Aos seis meses da aplicação de calcário no solo a partir da pastagem natural, o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis foram maiores e o de Al trocável menor na camada de 0,0-2,5 cm, quando o corretivo foi deixado na superfície, comparativamente à sua incorporação com aração e gradagem, independentemente da dose (Figuras 1, 2, 3 e 4). Na camada de 2,5-5,0 cm, os atributos avaliados não foram afetados pelos modos de aplicação do corretivo. A partir dos 5 cm de profundidade, as doses de 8,5 e $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ proporcionaram melhores efeitos na correção da acidez quando incorporadas ao solo.

Aos 18 meses, de modo similar ao observado aos seis meses, o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis foram maiores e os de Al menores na camada de 0,0-2,5 cm, quando o calcário foi aplicado superficialmente, comparado à incorporação, independentemente da dose utilizada. A partir dos 5 cm, a incorporação de doses mais elevadas manteve os atributos relacionados com acidez em níveis mais favoráveis ao crescimento radicular. Quando aplicado superficialmente, nesse período de avaliação, a dose de $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ elevou o pH a valores superiores a 5,5 até 5 cm de profundidade (Figura 1).

Aos 36 meses, o efeito do calcário aplicado superficialmente nas maiores doses e na reaplicação de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ aos 24 meses, atingiu os valores de pH, Ca e Mg trocáveis superiores na camada de 0,0-

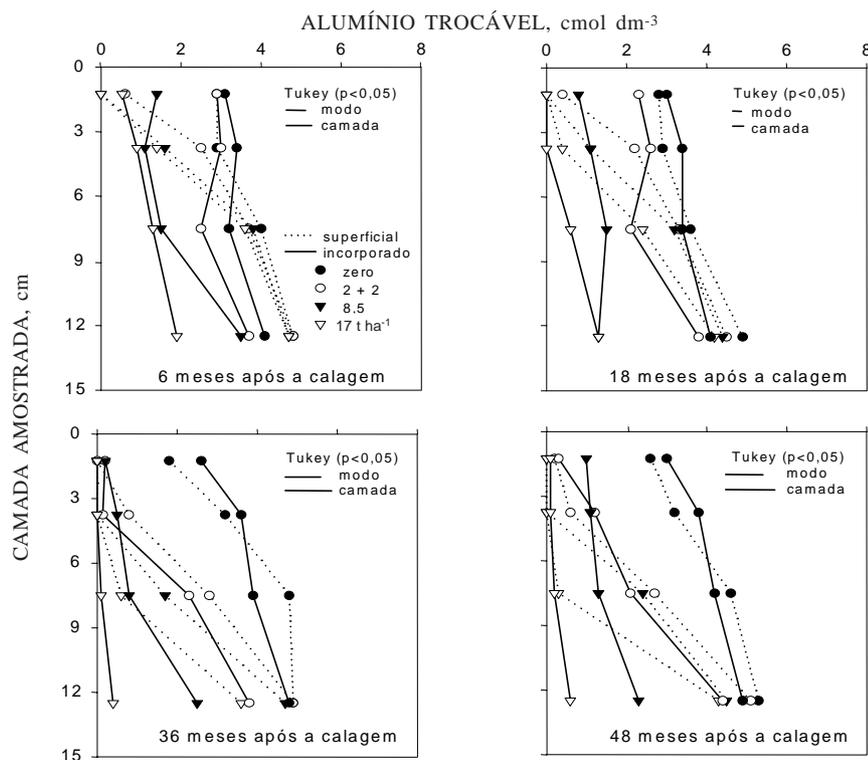


Figura 2. Alumínio trocável de diferentes camadas de solo aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação de calcário superficial ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural.

2,5 cm, ao incorporado (Figuras 1, 3 e 4). O Al trocável foi neutralizado até 5 cm, mas os valores permaneceram maiores do que nos tratamentos incorporados nas camadas mais profundas (Figura 2). A aplicação superficial de $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ aumentou o teor de Ca trocável na camada de 5,0-10,0 cm, cujo teor já foi semelhante ao de calcário incorporado ($\pm 6 \text{ cmol dm}^{-3}$). Empregando a metade da dose, os teores de Ca trocável ($3,5 \text{ cmol dm}^{-3}$), embora tenham sido maiores do que os da testemunha ($2,0 \text{ cmol dm}^{-3}$), ainda foram inferiores aos do calcário incorporado ($5,0 \text{ cmol dm}^{-3}$). O mesmo comportamento foi observado para o Mg trocável. Abaixo de 5 cm de profundidade para pH e de 10 cm para Al, Ca e Mg trocáveis, a incorporação do calcário mostrou efeitos mais pronunciados do que a aplicação superficial.

Aos 48 meses, a aplicação superficial de $8,5$ e $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ manteve o pH mais elevado do que quando incorporado, até à profundidade de 5 cm. Na camada de 5,0-10,0 cm, os modos de aplicação se equivaleram e os valores de pH atingiram 4,6, 5,0 e 5,6, para $2,0 + 2,0$, $8,5$ e $17,0 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Abaixo desta camada, o pH praticamente não se alterou, permanecendo inferior ao alcançado na incorporação (Figura 1).

Os teores de Al trocável foram semelhantes nos dois modos de aplicação de calcário na camada de 0,0-10,0 cm, porém, na dose mais alta, o teor foi próximo a zero. Na camada de 10,0-15,0 cm, a aplicação superficial não diminuiu o Al e a incorporação neutralizou-o parcialmente (Figura 2).

Os teores de Ca trocável, quando da aplicação superficial, foram mais altos do que quando da incorporação até 5 cm de profundidade, para as doses mais baixas, e até 10 cm para $17,0 \text{ t ha}^{-1}$ ($7,8$ e $5,9 \text{ cmol dm}^{-3}$, superficial e incorporado, respectivamente). Além de 10 cm de profundidade, após quatro anos, os teores de Ca trocável pouco se alteraram com a aplicação de calcário superficial.

Nos tratamentos com $2,0 + 2,0 \text{ t ha}^{-1}$, os teores de Mg trocáveis foram semelhantes entre os modos de aplicação, mas foram superiores aos da testemunha até 10 cm de profundidade. Com a aplicação superficial de doses mais elevadas ($8,5$ e $17,0 \text{ t ha}^{-1}$), os níveis de Mg trocável foram maiores somente nos primeiros 5 cm e menores abaixo de 10 cm, comparativamente à incorporação do calcário (Figura 4).

Deste modo, a aplicação superficial de $2,0+2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário no solo neutralizou o Al somente aos

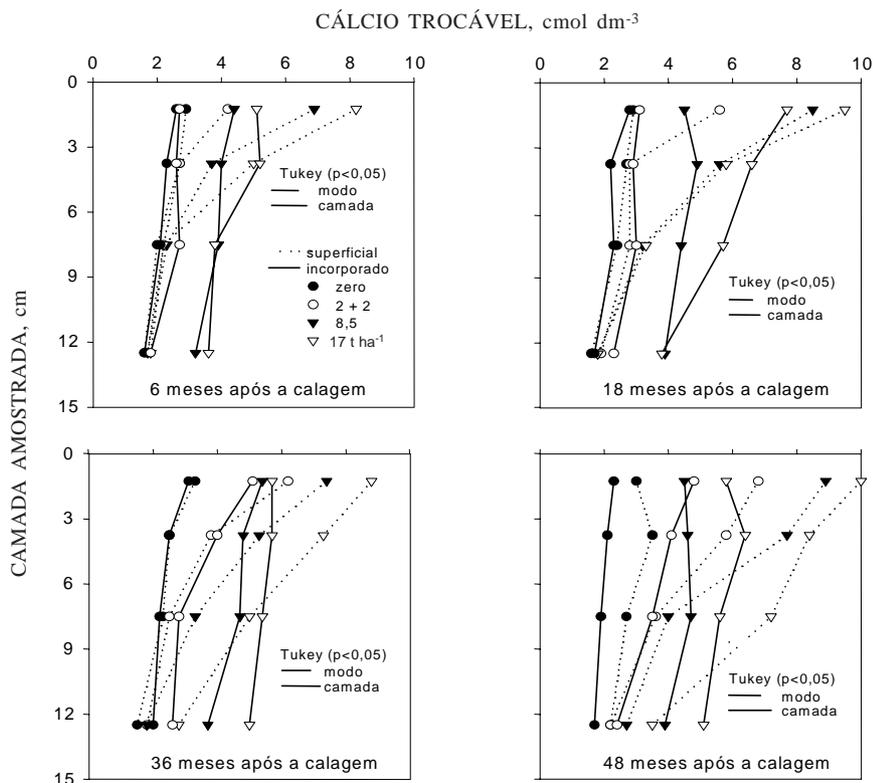


Figura 3. Cálcio trocável de diferentes camadas de solo aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação de calcário superficial ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural.

36 meses e limitou-se à camada de 0,0-2,5 cm; com 8,5 t ha⁻¹, aos seis meses na camada de 0,0-2,5 cm e aos 36 meses na camada de 2,5-5,0 cm; com 17,0 t ha⁻¹, aos seis meses na camada de 0,0-2,5 cm, aos 18 meses na camada de 2,5-5,0 cm e aos 48 meses na camada de 5,0-10,0 cm (Quadro 1).

Os resultados obtidos neste trabalho têm seguido a mesma tendência observada por outros autores, que encontraram melhorias nos atributos químicos do solo com a aplicação superficial de calcário no SPD sobre pastagem natural (Coventry et al., 1992; Caires et al., 1998; Amaral, 1998; Pöttker & Ben, 1998; Pöttker et al., 1998; Caires et al., 1999; Rheinheimer et al., 2000).

À medida que aumentou a dose de calcário aplicado na superfície do solo, a correção da acidez em profundidade foi maior, porém a incorporação teve efeito imediato. Não ocorreu migração dos efeitos da calagem no perfil do solo quando a quantidade aplicada em superfície foi menor do que a necessidade para neutralizar o Al trocável das camadas adjacentes. Os efeitos da calagem só ocorreram em profundidade após o pH na zona de dissolução do calcário ter atingido valores de 5,2 a 5,5. A dissociação do calcário, em solo ácido, promoveu a liberação de ânions (OH⁻ e HCO₃⁻), os quais reagiram com os cátions de reação ácida da

solução do solo (H⁺, Al³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺), e essa reação ocorreu até pH em torno de 5,5. Enquanto existirem esses cátions ácidos, a reação de neutralização da acidez ficará limitada à camada superficial, retardando o efeito na subsuperfície. Para que a neutralização da acidez ocorra na subsuperfície, os produtos da dissociação do calcário têm de ser arrastados para as camadas inferiores.

Dentre os fatores que podem contribuir para a migração do calcário e dos produtos de sua reação no SPD, destaca-se a preservação das características físicas e do ambiente. A não-mobilização do solo e a sua cobertura com o predomínio de gramíneas estivais mantêm os canais contínuos construídos e estabilizados pela atividade biológica, o que permite maior infiltração de água (Eltz et al., 1989), que está normalmente enriquecida com os produtos da dissolução do calcário, neutralizando a acidez e aumentando os cátions de reação básica em profundidade. Também poderá ocorrer o arrastamento de partículas finas de calcário pela água de infiltração nos macrocanais biológicos, ou incorporação biológica do calcário pela ação da macrofauna do solo, como minhocas e insetos. Entretanto, considerando a baixa solubilidade do calcário e a grande necessidade para corrigir a acidez do solo em subsuperfície, essa contribuição deve ser pequena.

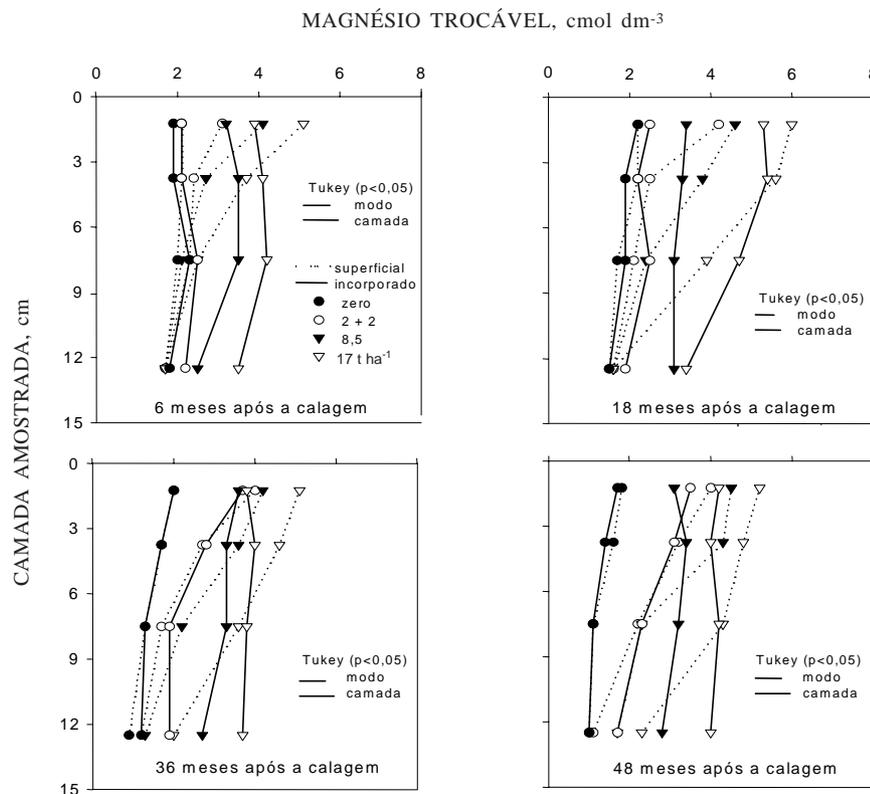


Figura 4. Magnésio trocável de diferentes camadas de solo aos 6, 18, 36 e 48 meses da aplicação de calcário superficial ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural.

A formação de complexos entre as substâncias orgânicas hidrossolúveis e o Ca e o Mg na superfície do solo e a posterior troca desses cátions pelo alumínio em camadas mais profundas são, segundo Miyazawa et al. (1992, 1996) e Oliveira & Pavan (1996), responsáveis pela neutralização da acidez em profundidade. Pode-se atribuir tal fato à melhor constância, à maior concentração de ânions orgânicos e à intensa atividade biológica da camada superficial do solo sob pastagem natural ou SPD, que fornece substâncias orgânicas quelantes com maior afinidade pelo alumínio do que pelo cálcio e magnésio. Tais substâncias são produzidas, em geral, pelas plantas e liberadas durante sua decomposição. Considerando a grande variabilidade entre as plantas (Santos et al., 1999), é interessante introduzir no sistema de rotação as que maximizam a correção da acidez em subsuperfície, possibilitando a utilização dos solos ácidos ocupados por pastagens naturais para a produção de culturas comerciais sem o revolvimento do solo para a incorporação do calcário.

CONCLUSÕES

1. A correção da acidez do solo mostrou-se proporcional à dose de calcário aplicada, independentemente do modo de aplicação.

2. A aplicação de calcário superficial criou uma frente alcalinizante que avançou em profundidade proporcionalmente à dose e ao tempo empregados: com 2,0 + 2,0 t ha⁻¹, a saturação por alumínio foi próxima de zero somente na camada de 0,0-2,5 cm aos 36 meses; com 8,5 t ha⁻¹, foi zero na camada de 0,0-2,5 cm (6 meses) e na camada de 2,5-5,0 cm (36 meses), e com 17,0 t ha⁻¹ foi zero na camada de 0,0-2,5 cm (6 meses), na camada de 2,5-5,0 cm (18 meses) e na camada de 5,0-10,0 cm aos 48 meses.

3. O avanço dos efeitos da calagem superficial só ocorreu após a neutralização da camada de aplicação ou da alcançada pela migração.

LITERATURA CITADA

- AMARAL, A.S. Reaplicação de calcário no plantio direto consolidado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 102p. (Tese de Mestrado)
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELUIS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron. J.*, 69:383-386, 1977.
- CAIRES, F.E.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações de características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:315-327, 1999.
- CAIRES, F.E.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:27-34, 1998.
- CARGNELUTTI, A.F.; REINERT, D.J. & BORGES, D.F. Recuperação da estabilidade estrutural induzida pelo plantio direto, de solo que recebeu preparo convencional por dois anos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. Trabalhos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1995. 224p.
- COVENTRY, D.R.; HIRTH, J.R. & REEVES, T.G. Interactions of tillage and lime in wheat-subterranean clover rotations on an acidic sandy clay loam in southeastern Australia. *Soil Till. Res.*, 25:53-65, 1992.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:259-267, 1989.
- FUCKS, L.F.; REINERT, D.J.; CAMPOS, B.C.; BORGES, D.F. & SAPINI, C. Degradação da estabilidade estrutural pela aração e gradagem de solo sob plantio direto por quatro anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Anais. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.196-197.
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; GATIBONI, L.C.; BORTOLUZZI, E.C. & XAVIER, F.M. Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural. *Ci. Rural*, 30, 2000 (no prelo).
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4, Belo Horizonte, 1996. Abstract. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.
- MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O. & PAVAN, M.A. Amenização da toxidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:209-215, 1992.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:59-64, 1997.
- PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. & VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. *Soil Sci.*, 93:77-82, 1962.

- PÖTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 22:675-684, 1998.
- PÖTTKER, D.; AMBROSI, I.; BEN, J.R.; KOCHHANN, R.A. & DENARDIN, J.E. Calagem em plantio direto. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/Projeto METAS, 1998. 40p. (Boletim Técnico, 4)
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J. & XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no plantio direto consolidado em solo arenoso. Ci. Rural, 30, 2000 (no prelo)
- SANTOS, J.C.F.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Avaliação biológica do potencial de compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais de mobilizar cálcio em solos ácidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Seção de Poster 9. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD ROM)
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

