

Atributos químicos do solo e produtividade da cultura de soja em área de semeadura direta após calagem superficial ¹

Soil chemical attributes and soybean yield in no-tillage system after surface liming

Evandro Luiz Schoninger^{2*}; Anderson Lange³; Amilton Ferreira da Silva⁴;
Alan Ferraz Lemke⁵; Stefan Monteiro⁶; João Alfredo Neto da Silva⁷

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação superficial de doses de calcário sobre características químicas do solo e sobre a produtividade da cultura da soja sob sistema semeadura direta. Para tanto, foi conduzido um experimento de campo num esquema fatorial 2x4, com dois tipos de calcários (calcítico e dolomítico) e quatro doses (0,0 – 0,5 – 1,0 e 1,5 t ha⁻¹ de CaCO₃), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área experimental localizou-se no município de Matupá – MT e o estudo foi desenvolvido no período de novembro de 2006 a maio de 2007. Foram avaliados atributos químicos nas camadas de 0,0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm e 5,0-10,0 cm, além de características associadas à produtividade da cultura da soja. A aplicação de calcário elevou os valores de pH (CaCl₂), os teores de Ca e Mg, a CTC efetiva e a saturação por bases apenas na camada superficial de solo. Os dois tipos de calcário diferiram entre si apenas nos teores de Ca e Mg na camada superficial, e somente para Mg na camada de 2,5-5,0 cm. A calagem superficial em área de semeadura direta não influenciou a produtividade da cultura de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, mobilidade do calcário, latossolo

Abstract

This study was carried out to evaluate the effects of surface application of lime rates on soil chemical attributes and soybean yield in a no-tillage system. It was installed a field experiment in a factorial 2x4, and the factors were: two types of lime (calcitic and dolomitic); four rates (0.0 – 0.5 – 1.0 and 1.5 t ha⁻¹ of CaCO₃), in a completely randomized blocks experimental design, with four replications. The experiment was located in Matupá, Mato Grosso State, Brazil, being the work developed between November 2006 and May 2007. The evaluations were chemical attributes in the soil layers (0,0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm and 5,0-10,0 cm), and the productive characteristics of soybean. Application of lime

¹ Parte do Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor.

² Eng^o Agr^o, mestrando do PPG em Manejo do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias. E-mail: evandroluiz_18@hotmail.com

³ Eng^o Agr^o, Dr. Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Campus de Alta Floresta, MT. E-mail: paranalange@hotmail.com

⁴ Eng^o Agr^o, formado pela Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Campus de Alta Floresta, MT. E-mail: amiltonfs1@hotmail.com

⁵ Eng^o Agr^o, formado pela Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Campus de Alta Floresta, MT. E-mail: alan.lemke@hotmail.com

⁶ Eng^o Agr^o, mestrando do PPG em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, SP. E-mail: stefan_nop@hotmail.com

⁷ Eng^o Agr^o, mestrando do PPG em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, MS. E-mail: silvaneto20@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

increased the soil pH (CaCl_2), the exchangeable Ca and Mg, the effective CEC and the base saturation only in the soil surface layer. The two limes were different only for Ca and Mg values in the first layer of soil, and only for the Mg values in the layer of 2,5-5,0 cm. The surface liming in no-tillage system did not change soybean yield.

Key words: *Glycine max*, lime mobility, latosol

Introdução

Considerada uma das culturas de maior importância econômica para o país, a soja é cultivada praticamente em todo o território nacional graças a modificações ocorridas no seu modelo de produção, com destaque para o advento do sistema de semeadura direta (SSD), visando maior rentabilidade e sustentabilidade das áreas agrícolas. Este sistema é um componente indispensável à agricultura sustentável (LAL, 1989), pois conserva a estrutura e umidade do solo, evita a erosão (CARDOSO, 1993), promove a continuidade de macroporos (PIERCE; FORTIN; STATON, 1994), a agregação de partículas (SILVA; MIELNICZUK, 1998), a proteção física da matéria orgânica (BAYER et al., 2000), em adição à eliminação de custos com o preparo do solo (CIOTTA et al., 2004).

No entanto, a adoção do SSD impõe ao produtor a necessidade de modificações em determinados métodos de manejo, como a correção da acidez do solo. Com adoção do SSD, as adubações deverão ser superficiais, a lanço ou nas linhas de cultivo, tendendo a formação de um gradiente de concentração superficial de nutrientes (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; KLEPKER; ANGHINONI, 1993), e de acidez (SIDIRAS; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998). Assim, torna-se necessária a aplicação superficial de calcário, pois esta irá proporcionar uma frente alcalinizante no perfil do solo (GATIBONI et al., 2003), corrigindo a acidez e adicionado cálcio e magnésio ao meio.

Sem a incorporação do calcário diminui-se a superfície de contato entre as partículas do solo e as do corretivo, o que geralmente restringe os efeitos da calagem aos centímetros superficiais (CASSOL, 1995). Porém, nos casos onde foram

observadas movimentações verticais do calcário no perfil do solo, relacionou-se esse efeito a vários fatores, tais como: dose do corretivo (PEARSON; ABRUNA; VICE-CHANCES, 1962; HAYNES; MOKOLOBATE, 2001; MELLO et al., 2003; LANGE et al., 2006), período transcorrido após a calagem (PIKUL; ALLMARAS, 1985), textura e porosidade do solo, regime hídrico (AMARAL et al., 2004) e por fim a presença de ânions orgânicos e inorgânicos (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001).

O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação superficial de calcário nas características químicas do solo e na produtividade da cultura da soja sob sistema de semeadura direta, nas condições edafoclimáticas da região norte do Estado do Mato Grosso.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade que adota o SSD desde o ano de 2003, situada no município de Matupá – MT, no extremo norte do Estado de Mato Grosso, com latitude de $10^{\circ}06'56''$ S, longitude de $54^{\circ}50'33''$ W e altitude média de 290 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Awa, com nítida estação seca no inverno, temperatura média anual em torno de 24°C e precipitação pluviométrica anual elevada, próxima de 2100 mm. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. No ano de 2002 a área selecionada para condução deste estudo recebeu a aplicação e incorporação de $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário calcítico e, posteriormente foi manejada sob SSD com cultivo de soja na safra normal seguido de safrinha de milho. Antes da instalação do experimento procedeu-se a amostragem da camada superficial do solo (0-20 cm) para fins de

avaliação da fertilidade e granulometria. As análises indicaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 4,7; P (Mehlich 1) = 5,1 mg dm⁻³; K = 0,17 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,63 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,37 cmol_c dm⁻³; Al = 0,06 cmol_c dm⁻³; H+Al = 4,13 cmol_c dm⁻³; MO = 22 g kg⁻¹, CTC potencial = 6,3 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V) = 34,4 %; areia = 450 g kg⁻¹; silte = 70 g kg⁻¹ e argila = 480 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos testados resultaram de um fatorial 2x4 em que os fatores foram dois tipos de calcário (calcítico: 45% de CaO, 5% de MgO e PRNT= 90%; dolomítico: 28% de CaO, 21% de MgO e PRNT= 82%), e quatro doses de calcário (equivalentes a 0,0 – 0,5 – 1,0 e 1,5 t ha⁻¹ de CaCO₃). As parcelas experimentais foram de 4,5 x 4,0 m.

O cálculo da necessidade inicial da calagem foi feito considerando a necessidade de elevação da saturação por bases para 50%, de acordo com Sousa e Lobato (2004). O calcário correspondente a cada dose foi distribuído manual e uniformemente na superfície das parcelas experimentais em 01/11/2006. Em seguida, realizou-se a semeadura mecanizada da soja (cultivar M-soy 8866, espaçamento entre linhas de 0,45 m e 270.000 sementes ha⁻¹). A adubação de semeadura correspondeu à aplicação de 420 kg ha⁻¹ do formulado 02-18-18 + 9% de Ca, 4,5% de S, 0,054% de B, 0,06% de Mn e, 0,27% de Zn, conforme indicação de Sousa e Lobato (2004). Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultura.

Em 10/03/2007, realizou-se a colheita manual de todas as plantas das 4 linhas centrais de cada parcela experimental, desconsiderando 1,0 m em cada extremidade. Posteriormente, executou-se a

debulha e separação dos grãos para avaliação da produtividade (grãos com 13% de umidade) e massa seca (65°C) dos restos culturais.=

Em 02/05/2007, realizaram-se as amostragens do solo das camadas superficiais de 0,0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm e 5,0-10,0 cm. Para tal, foram abertas trincheiras de 50 cm de largura (centro da trincheira situado sobre a linha de semeadura da soja na safra anterior), 25 cm de comprimento e, 20 cm de profundidade. Em seguida, realizou-se a coleta das amostras de terra nas camadas desejadas, como indicado anteriormente. As amostras foram secas ao ar e peneiradas (malha de 2 mm), para subsequente determinação do pH (CaCl₂), da acidez potencial (H + Al), e dos teores de K, Ca, Mg e Al trocáveis, seguindo as metodologias descritas por Silva (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (p < 0,05) e quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% ou ajustadas à equações de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

A aplicação superficial de corretivos em área de semeadura direta promoveu incrementos lineares nos valores de pH (CaCl₂) na camada de 0,0-2,5 cm, correspondendo a 0,58 e 0,36 unidades para cada tonelada de calcário calcítico e dolomítico aplicada, respectivamente (Figura 1). Não foram observados efeitos significativos nas demais camadas avaliadas. Também não foram observadas diferenças entre os corretivos (Tabela 1). Estes resultados estão de acordo como aqueles obtidos por Rheinheimer et al. (2000) que também observaram aumentos nos valores do pH da camada superficial do solo, após 6 meses de aplicação superficial de calcário em área de SSD.

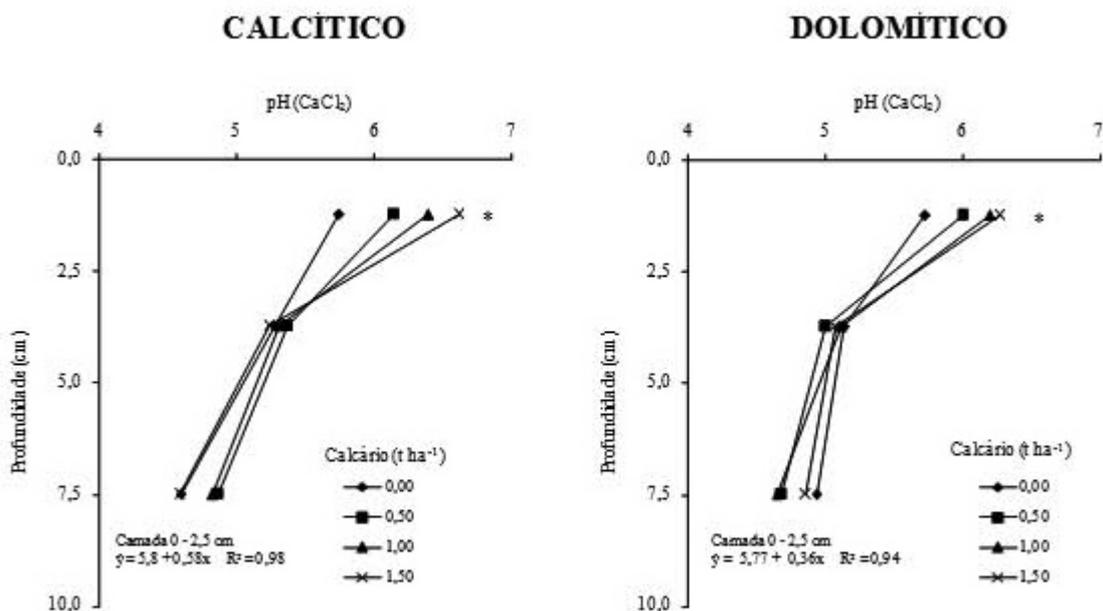


Figura 1. Valores de pH (CaCl_2) de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico seis meses após a aplicação de doses de calcário calcítico e dolomítico em superfície em sistema de semeadura direta. (* significativo a 5 % pelo teste F).

Tabela 1. Valores de pH (CaCl_2), Ca, Mg, capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e de saturação por bases (V) de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico seis meses após a aplicação de doses de calcário calcítico e dolomítico em superfície em sistema de semeadura direta.

Fator	pH (CaCl_2)	Ca	Mg	CTCef	V
		----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----			----- % -----
Camada 0,0 – 2,5 cm					
Calcítico	6,23a	4,66a	1,23b	6,31a	67a
Dolomítico	6,05a	4,02b	1,88a	6,32a	65a
Valor de F	2,40 ^{ns}	8,75*	38,46*	0,009 ^{ns}	1,012 ^{ns}
C.V. (%)	6	14	19	11	8
Camada 2,5 – 5,0 cm					
Calcítico	5,3a	3,31a	0,83b	4,46a	48a
Dolomítico	5,1a	3,01a	1,07a	4,41a	48a
Valor de F	2,187 ^{ns}	2,34 ^{ns}	5,01*	0,045 ^{ns}	0,001 ^{ns}
C.V. (%)	8	17	31	14	14
Camada 5,0 – 10,0 cm					
Calcítico	4,73a	1,89a	0,62a	2,81a	32a
Dolomítico	4,78a	1,87a	0,69a	2,87a	33a
Valor de F	0,251 ^{ns}	0,008 ^{ns}	1,252 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,125 ^{ns}
C.V. (%)	7	32	29	24	24

Para cada camada, médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

* significativo pelo teste F a 5% de significância.

^{ns} não significativo pelo teste F a 5 % de significância.

O teor de Ca no solo na camada de 0,0-2,5 cm foi influenciado apenas pela aplicação de calcário calcítico, enquanto para as demais camadas não houve efeito do tipo de calcário. Os teores de Mg tanto na camada de 0,0-2,5 cm como na de 2,5-5,0 cm foram maiores quando se aplicou o calcário dolomítico (Figura 2 e Tabela 1). O teor de Mg nesta mesma camada sofreu influência somente das doses do calcário dolomítico (Figura 2). Os resultados obtidos corroboram com aqueles apresentados por Albuquerque et al. (2005) que também relataram elevações nos teores de Ca e Mg na camada superficial, após a aplicação de calcário em superfície em área sob SSD. A diferença de resposta entre os calcários aplicados sobre os teores de Ca e Mg se deve às diferenças de concentrações destes nutrientes em cada corretivo. O fato de ter ocorrido efeito significativo para tipo de corretivo nos teores de Mg apenas na segunda camada amostrada pode ser explicado em parte, pela menor energia de ligação entre o Mg e as cargas do solo, quando comparada à energia de ligação do Ca. Assim, parte do Mg oriundo do calcário foi lixiviada, em razão das ligações preferenciais do Ca às cargas negativas dos colóides do solo da camada superficial. De forma semelhante ao que foi observado para os teores de Ca e de Mg quando aplicado, respectivamente, o calcário calcítico e o dolomítico, a capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e a saturação por bases (V%) aumentaram linearmente com as doses de corretivo apenas na camada de 0,0-2,5 cm, não sendo observado efeitos nas demais camadas avaliadas (Figura 3). Na comparação dos corretivos também não foram observadas diferenças significativas, demonstrando assim a eficiência de ambos para aumentar tanto a CTCef como a V% na camada superficial. A ausência de diferenças significativas para os valores de V%, que ficaram

muito próximos daqueles obtidos para a CTCef, ocorreu provavelmente por falta de alterações significativas nos valores da CTC potencial (dados não mostrados). De acordo com Mello et al. (2003), essa ausência de efeitos significativos nos valores da CTC potencial, mesmo com elevação do pH, pode estar relacionada às pequenas doses de corretivo empregadas, como neste estudo. Os autores indicam que alterações significativas para estes atributos, dependem das quantidades de calcário aplicadas no solo. Alleoni, Cambri e Caires (2005), aplicaram calcário na superfície de diferentes solos sob SSD e observaram que a limitação dos efeitos benéficos da calagem à camada superficial do solo se correlacionou positivamente com a textura, o que justifica os resultados obtidos neste estudo, pois o solo avaliado apresentava 480 g kg⁻¹ de argila sendo considerado como argiloso.

Por outro lado, após 8 meses da aplicação em superfície de uma dose relativamente baixa de calcário (0,5 t ha⁻¹), Lange et al. (2006) observaram modificações significativas no pH do solo até a profundidade de 20 cm, indicando que a aplicação superficial do corretivo em área sob SSD consolidado apresentou efeito corretivo da acidez do solo na camada (0-20 cm) de maior concentração de raízes das culturas exploradas economicamente (FANTE JUNIOR et al., 1994; SEIXAS; ROLOFF; RALISCH, 2005). Os autores citam que as boas características físicas do solo (densidade < 1,1 kg dm⁻³), aliadas ao tempo de adoção do SSD (dez anos), foram os fatores determinantes da movimentação vertical do corretivo. Avaliações das propriedades físicas do solo realizadas no presente estudo, indicaram valores de densidade do solo próxima a 1,35 kg dm⁻³, podendo ser este mais um dos fatores responsáveis pela ação do calcário apenas na camada superficial.

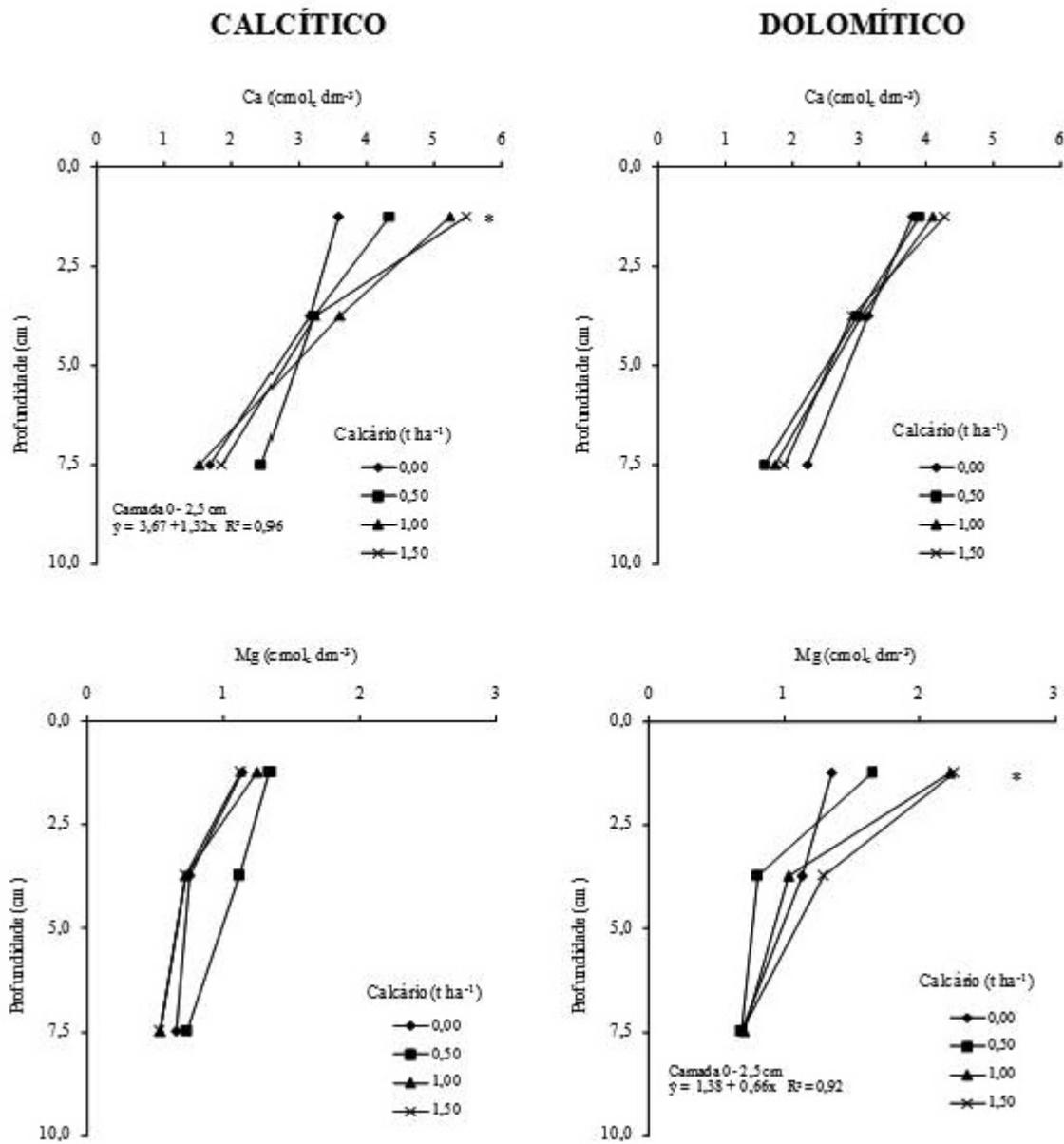


Figura 2. Teores de Ca e Mg trocáveis de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico seis meses após a aplicação de doses de calcário calcítico e dolomítico em superfície em sistema de semeadura direta. (* significativo a 5 % pelo teste F).

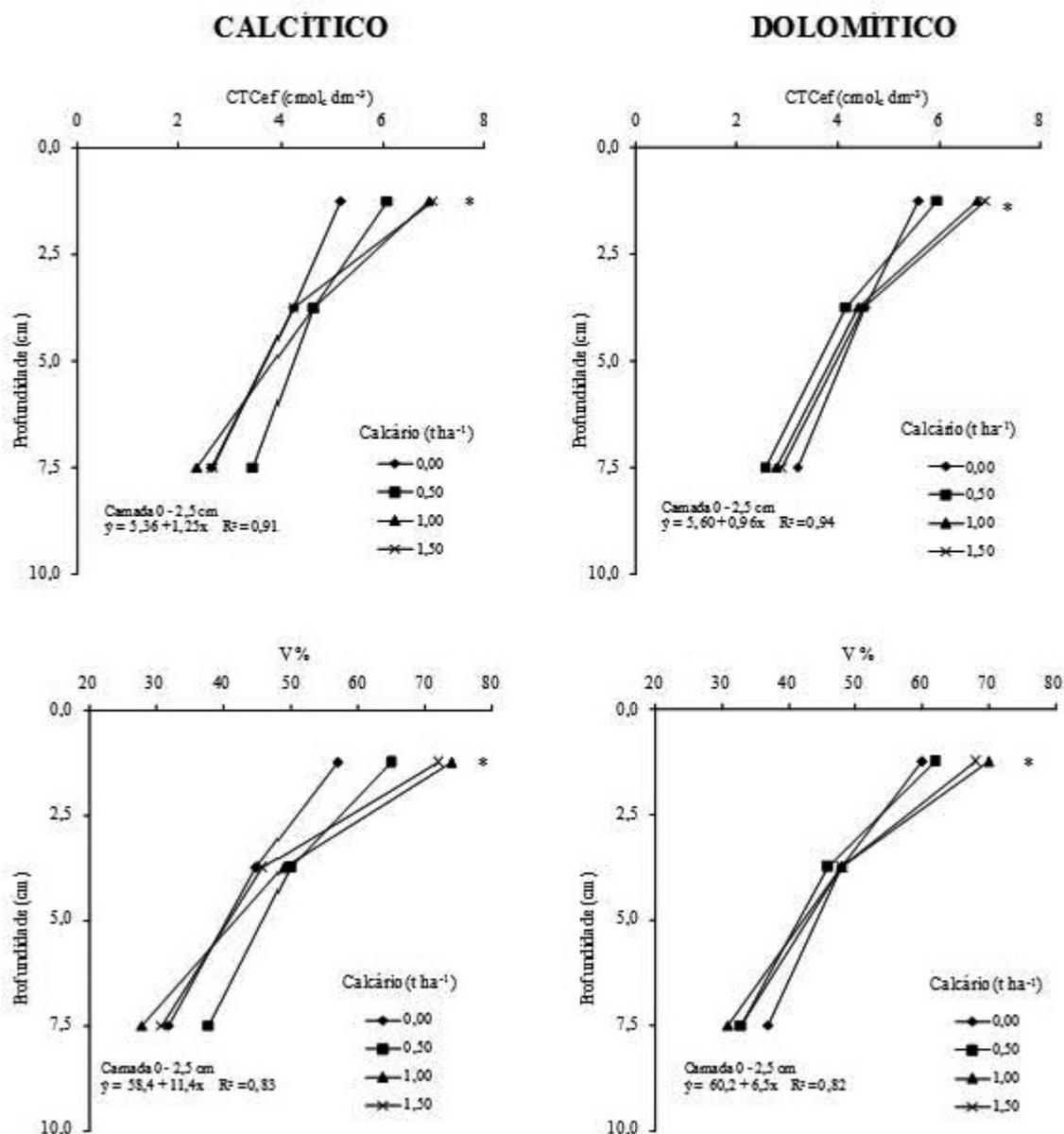


Figura 3. Valores de capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e de saturação por bases (V%) de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico seis meses após a aplicação de doses de calcário calcítico e dolomítico em superfície em sistema de semeadura direta. (* significativo a 5 % pelo teste F).

Em outro estudo, Ciotta et al. (2004), após 4 anos da reaplicação de 3,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, observaram elevação no pH na camada de 0-15 cm e, aumento nos teores de Ca, Mg e saturação por bases, bem como diminuição da saturação por alumínio até a profundidade de 20 cm. Este fato indica que o tempo decorrido entre a aplicação e a avaliação dos efeitos é outro fator importante e que deve ser considerado nas avaliações dos efeitos

do calcário aplicado na superfície do solo, como ocorreu neste estudo, em que a amostragem das parcelas experimentais foi feita apenas 6 meses após a calagem. Provavelmente este tempo foi insuficiente para determinar a movimentação do cálcio e do magnésio até as camadas subsuperficiais do solo.

A aplicação superficial de doses de calcário não influenciou significativamente nenhum

dos parâmetros avaliados para a cultura da soja (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com Rheinheimer et al. (2000), que após a aplicação superficial de calcário, também não observaram efeitos da calagem no rendimento de grãos da cultura da soja. Os autores atribuíram a ausência de resposta à aplicação superficial de calcário em área sob SSD aos baixos valores de saturação por alumínio (m%) e aos médios valores de saturação por bases (V%) do solo. Situação esta, semelhante

a da área utilizada neste estudo, que apresentava baixa saturação por alumínio (2,7%) e valores médios de saturação por bases (34%) na camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento, onde estas condições não apresentaram impedimentos químicos ao crescimento radicular. Outrossim, é importante salientar que existe o efeito residual do calcário aplicado e incorporado ao solo antes da implantação do SSD, no ano de 2002.

Tabela 2. Valores médios para massa de cem grãos (MCG), massa seca dos restos culturais (MS) e produtividade (PG) da cultura da soja em função das doses de calcário aplicadas em área de semeadura direta.

Fatores	MCG	MS	PG
	---g---	---- kg ha ⁻¹ ----	
Doses (t ha ⁻¹)			
0,0	15,17	2930	4216
0,5	15,42	2653	4262
1,0	15,05	2818	4032
1,5	15,11	2893	4119
Valor de F	0,19 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Calcários			
Calcítico	15,05	2729	4149
Dolomítico	15,33	2918	4166
Valor de F	0,54 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)	7	24	6

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de significância.

A ausência de impedimentos químicos nas camadas subsuperficiais do solo da área experimental pôde ser comprovada pela alta produtividade de grãos obtida no tratamento testemunha (4216 kg ha⁻¹) superando a produtividade média nacional, que segundo Conab (2008), situa-se em 2835 kg ha⁻¹.

Conclusões

A aplicação superficial de calcário em área submetida ao sistema de semeadura direta restringiu os aumentos de pH e dos teores de Ca e de Mg e correção da saturação por bases à camada superficial do solo.

A aplicação superficial de calcário em área

submetida ao sistema de semeadura direta não influencia significativamente a produtividade da soja cultivada imediatamente após a calagem.

Agradecimentos

À Fazenda Toledo pela concessão da área e apoio na condução do campo experimental.

Referências

ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; PASSOS, J. F. M. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo brunolúminico. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 963-975, 2005.

- ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 923-934, 2005.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 359-367, 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, mar. 2000.
- CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS, 1., 1992, Uberaba. *Anais...* Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 71-104.
- CASSOL, L. C. *Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo*. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo bruno em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos: sexto levantamento*. Brasília: CONAB, mar. 2008. 33 p.
- ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo brunoálico. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- FANTE JUNIOR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Distribuição do sistema radicular do milho em Terra Roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. *Sci. Agric.*, Maringá, v. 51, n. 3, p. 513-518, 1994.
- GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 283-290, 2003.
- HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v. 59, n. 1, p. 47-63, 2001.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Phosphate uptake and com root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. *Agronomy Trends in Agricultural Science*, Trivandrum, v. 1, n. 1, p. 111-115, 1993.
- LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Adv. Agro.*, New York, v. 42, n. 1, p. 86-185, 1989.
- LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.
- MELLO, J. C. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BÜLL, L. T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 553-561, 2003.
- 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.*, Madison, v. 93, n. 1, p. 77-82, 1962.
- PIERCE, F. J.; FORTIN, M. C.; STATON, M. J. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v. 58, n. 6, p. 1782-1787, 1994.
- PIKUL, J. L.; ALLMARAS, R. R. Physical and chemical properties of a Haploxeroll after fifty years residue management. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v. 50, n. 1, p. 214-219, 1985.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.
- SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R. Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 794-798, 2005.

- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.
- SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 370 p.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 311-317, 1998.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: _____. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 12, p. 283-315.