

## Influência da calagem na lixiviação de boro.

**Alessandra Aparecida de Sá<sup>(1)</sup>; Paulo Roberto Ernani<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Engenheira Agrônoma, doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages/SC, e-mail: [sa\\_alessandra@yahoo.com.br](mailto:sa_alessandra@yahoo.com.br)

<sup>(2)</sup> Engenheiro Agrônomo, professor do Departamento de Solos da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Pesquisador do CNPq.

**RESUMO:** A capacidade de adsorção de boro (B) do solo assim como a lixiviação desse nutriente são parâmetros importantes para o conhecimento da dinâmica do elemento no solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da calagem na lixiviação de B num solo argiloso que recebeu doses crescentes de adubação com B. O experimento foi conduzido em laboratório na cidade de Lages/SC, no ano de 2012. As unidades experimentais foram constituídas por colunas de lixiviação acondicionadas com 1,0 kg de um Nitossolo Bruno. Os tratamentos foram constituídos por doses de B (0, 10, 20, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup>) com três repetições, em solo sem calcário (pH 4,6) e corrigido para pH 6,0. As percolações foram realizadas a cada sete dias, durante onze semanas, onde foram adicionados 300 mL de água destilada sobre a superfície de cada coluna. Na solução percolada, foi determinada a concentração de B. A concentração de B lixiviado aumentou à medida que aumentou a dose de B incorporada ao solo. No solo com calcário a concentração de B lixiviado foi menor se comparado ao solo sem calcário. Portanto, em solos com calcário a concentração de B na solução é reduzida, diminuindo a sua lixiviação.

**Termos de indexação:** Boro, lixiviação, calagem.

### INTRODUÇÃO

O conhecimento da capacidade do solo em adsorver boro (B) tem importância tanto para a correção de uma eventual deficiência do nutriente quanto para a prevenção dos casos de toxicidade, mas a lixiviação desta nutriente também pode ser um importante componente da dinâmica do elemento no solo (Communar & Keren, 2007). O pH é o fator da solução do solo mais importante afeta a disponibilidade de B. Geralmente, o B torna-se menos disponível com o aumento do pH da solução do solo. O pH atua tanto na definição da carga superficial dos colóides com interfaces variáveis quanto no controle da espécie predominante de B na solução (Soares et al, 2008). Este elemento ocorre primariamente na forma não dissociada de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), na faixa de pH mais comum em solos tropicais. O predomínio de sua forma indissociada neutra se deve à sua alta constante de equilíbrio para reações de hidrólise

(pKa = 9,2) (Keren & Bingham, 1985; Goldberg et al., 1993). A quantidade de B que um solo pode adsorver depende da concentração da solução em equilíbrio, do tempo de contato e da textura, pH, do teor de matéria orgânica e da composição mineralógica do solo (Azevedo et al., 2001).

Assim como o pH, a composição mineralógica do solo tem um importante papel na capacidade de adsorção, de tal modo que a perda de elementos móveis, como o B, está sempre relacionada a solos de textura arenosa. Por outro lado, a possibilidade de toxidez, logo após o uso de grandes quantidades do mesmo elemento, também é maior para estes solos arenosos.

A adsorção de B aumenta com elevação do pH (Pavan e Correa, 1988), porque resulta na passagem de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> para H<sub>4</sub>BO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Considerando a baixa capacidade de adsorção, o B fica mais em solução estando prontamente disponível às plantas (Pavan et al., 1987). Quando aplicado em grandes quantidades, entretanto, pode causar toxidez às plantas ou ficar sujeito a perdas por lixiviação, caso as condições permitam alta movimentação no perfil.

O objetivo do estudo foi avaliar a influência da calagem na lixiviação de B num solo argiloso que recebeu doses crescentes de adubação com esse nutriente.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em laboratório no Departamento de Solos da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages/SC no ano de 2012. No experimento foi utilizado um Nitossolo Bruno, coletado na camada de 0-30 cm em uma área de vegetação nativa que continha 79% de argila.

Metade do solo coletado teve o pH corrigido ao valor de 6,0, segundo recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), a outra metade foi mantida com o pH de origem (4,6).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, com três repetições. A parcela principal abrigou o tipo de solo: com calcário e sem calcário. Na sub-parcela foram distribuídas as doses de B incorporadas no solo: 0; 10; 20; 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> na forma de ácido bórico.

As unidades experimentais foram constituídas por colunas de lixiviação, confeccionadas a partir de tubos de PVC, com 30 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Na base de cada coluna foi colocada uma tampa de PVC, na qual se fez um orifício na parte central, com aproximadamente 3 mm de diâmetro, a fim de permitir a saída da solução percolada. A metade inferior de cada coluna foi envolta com um saco plástico, ajustado na forma de funil, o qual continha um furo na extremidade inferior, para facilitar o direcionamento da solução percolada para os frascos de coleta.

Em cada coluna acondicionou-se 1,0 kg de solo (base seca a 105 °C) numa altura de aproximadamente 25 cm. O solo foi colocado na coluna de uma única vez, sem compactação até o preenchimento do volume desejado. Os 5 cm da parte superior de cada coluna não foram preenchidos com solo para facilitar a adição de água por ocasiões das percolações. Os tratamentos foram incorporados nos primeiros 15 cm de solo superficiais.

Após o preenchimento com solo, as colunas foram acondicionadas em suporte longitudinais de madeira, cuja base inferior ficava 20 cm acima da superfície de apoio, a fim de permitir a colocação dos frascos de coleta embaixo delas. Após uma semana foram iniciadas as percolações, as quais foram repetidas a cada sete dias, durante 11 semanas. Em cada percolação adicionaram-se 300 mL de água destilada sobre a superfície de cada coluna. A solução percolada foi coletada no dia seguinte, para determinação de volume e concentração de B através da metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os dados médios da parcela principal foram submetidos à análise de variância e quando houve significância estatística as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os dados médios das subparcelas foram submetidos à análise de regressão também utilizando o programa SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lixiviação de B aumentou à medida que aumentou a dose de B incorporada ao solo (**Figura 1**). Um alto, significativo ( $p < 0,05$ ) e positivo coeficiente de correlação foi obtido pela relação entre as doses de B incorporadas ao solo e a concentração de B lixiviada (**Tabela 1**). O B fica retido fracamente nos sítios de adsorção e, em geral, não forma compostos no solo sob condições

de baixo pH. Logo, grande parte do que se aplica no solo fica na solução, prontamente disponível às plantas, apresentando alta mobilidade no perfil, estando, também, sujeito à lixiviação (Motta et al., 2007).

No solo sem calcário houve a maior quantidade de B lixiviada, tendo atingido o valor acumulado de 36 mg na última percolação (11ª coleta), realizada após 77 dias de implantação do experimento (**Figura 1**), diferindo do solo com calcário onde a lixiviação acumulada em 11 percolações foi de 22 mg de B. Vários estudos mostraram que a concentração de B na solução do solo tende a diminuir com o aumento do pH, dentre eles o de Goldberg et al. (1993). Keren & Bingham (1985) reportaram aumento da adsorção máxima de B com o incremento do pH, o qual pode estar relacionado às mudanças na superfície dos colóides, favorecendo a formação de mais sítios de adsorção e conseqüentemente diminuindo a lixiviação de B. Portanto, deve-se esperar que a correção da acidez dos solos até a faixa de pH 5,5–6,0, como é recomendada para a maioria das culturas, aumente a adsorção do B naturalmente presente ou daquele adicionado via fertilização.

No presente experimento houve diferença significativa entre o solo sem calcário e solo com calcário somente nas seguintes coletas: 1ª, 2ª, 3ª, 5ª e 11ª (**Tabela 2**). Todas as coletas obtiveram maior concentração de B lixiviado no solo sem calcário, com exceção da 11ª coleta, onde, possivelmente o teor de B lixiviado já havia atingido a estabilização, fazendo com que a concentração de B lixiviado pelo solo com calcário seja maior. Estudos de lixiviação mostram que é comum haver menor remoção de B em águas de percolação de solos com calagem, em relação a solos sem calagem (Communar & Keren, 2006). No entanto, a calagem excessiva aplicada a solos com alto teor de argila e de matéria orgânica pode resultar no decréscimo do teor de B foliar, visto que os teores de B extraídos do solo podem diminuir com o aumento do pH do solo devido, provavelmente, à sua maior adsorção.

## CONCLUSÕES

A aplicação de calcário ao solo diminui a concentração de B na solução e a quantidade de B lixiviada.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R.A.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.R. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.957-964, 2001.

COMMUNAR, G.; KEREN, R. Effect of transient irrigation on boron transport in soils. Soil Science Society of America Journal, v. 71, p. 306-313, 2007.

COMMUNAR, G.; KEREN, R. Rate-limited boron transport in soils: the effect of soil texture and solution pH. Soil Science Society of America Journal, v. 70, p. 882-892, 2006.

CQFS- Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H.S. & HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects., Soil Science Society of America Journal, v. 57, p. 704-708, 1993.

KEREN, R. & BINGHAM, F.T. Boron in water, soils, and plants. Adv. Soil Sci., 1:229-276, 1985.

MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; REISMANN, C.B.; DIONÍSIO, J.A.. Micronutrientes na rocha, no solo e na planta. Curitiba, 2007. 246 p.

PAVAN, M.A. & CORREA, A.E. Reações de equilíbrio solo-boro. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v. 23(3), p. 261-269, 1988.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PEREYEA, F.J. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. Soil Science Society of America Journal, v. 51, p. 1526-1530, 1987.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n.1, p. 111-120, 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHEN, H.; VOLKWEISS, S. Análise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solo. Faculdade de Agronomia. Universidade do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

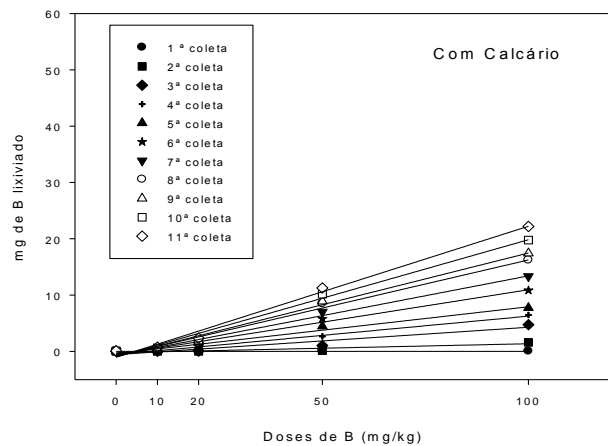
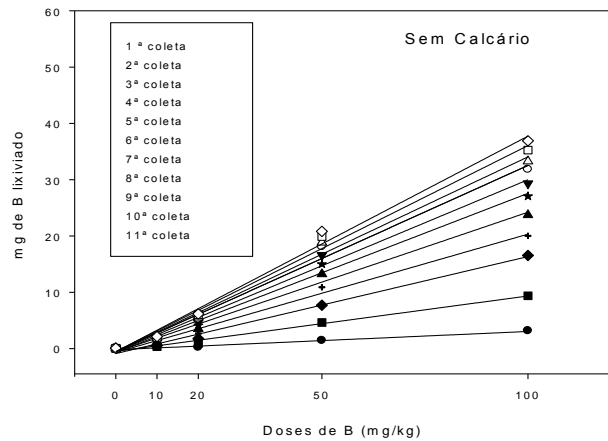


Figura 1: Lixiviação de B acumulada em cada coleta de acordo com as doses de B adicionadas aos solos (sem calcário e com calcário).

**Tabela 1:** Parâmetros da equação linear para resultados de lixiviação de B de acordo com as doses de B adicionadas em solo sem calcário e solo com calcário.

Coletas do lixiviado	Parâmetros da Regressão			
	Intercepto ( $\alpha$ )	Coefficiente de inclinação ( $\beta$ )	R <sup>2</sup>	Pr > F
..... Solo sem calcário .....				
1ª coleta (7 dias)	-0,21	0,03	0,98	0,0010
2ª coleta (14 dias)	-0,49	0,10	0,99	0,0005
3ª coleta (21 dias)	-0,89	0,17	0,99	0,0003
4ª coleta (28 dias)	-0,67	0,21	0,99	0,0004
5ª coleta (35 dias)	-0,62	0,25	0,99	0,0004
6ª coleta (42 dias)	-0,65	0,28	0,99	0,0004
7ª coleta (49 dias)	-0,58	0,30	0,99	0,0004
8ª coleta (56 dias)	-0,54	0,33	0,99	0,0004
9ª coleta (63 dias)	-0,53	0,34	0,99	0,0004
10ª coleta (70 dias)	-0,53	0,36	0,99	0,0003
11ª coleta (77 dias)	-0,57	0,38	0,99	0,0003
..... Solo com calcário .....				
1ª coleta (7 dias)	-	-	-	-
2ª coleta (14 dias)	-0,22	0,01	0,85	0,02
3ª coleta (21 dias)	-0,56	0,05	0,92	0,01
4ª coleta (28 dias)	-0,56	0,07	0,97	0,0016
5ª coleta (35 dias)	-0,39	0,08	0,97	0,0019
6ª coleta (42 dias)	-0,58	0,11	0,98	0,0011
7ª coleta (49 dias)	-0,70	0,14	0,98	0,0009
8ª coleta (56 dias)	-0,83	0,17	0,98	0,0007
9ª coleta (63 dias)	-0,89	0,18	0,99	0,0006
10ª coleta (70 dias)	-0,95	0,21	0,99	0,0005
11ª coleta (77 dias)	-1,04	0,23	0,99	0,0004

\*\*R<sup>2</sup> da equação linear y =  $\alpha$  +  $\beta$ x, em que y é a quantidade lixiviada de B e x é a dose de B adicionada ao solo.

**Tabela 2:** Quantidade de B lixiviado (mg) em cada coleta relacionado com o tipo de solo (com calcário e sem calcário). Média de três repetições.

Tipo de solo	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta	8ª coleta	9ª coleta	10ª coleta	11ª coleta
..... mg de B lixiviado .....											
Sem calcário	0,95 a	2,09 a	2,27 a	1,57 a	1,44 a	1,18 a	0,92 a	0,94 a	0,55 a	0,72 a	0,62 b
Com calcário	0,00 b	0,35 b	0,84 b	0,83 a	0,71 b	0,97 a	0,80 a	0,93 a	0,40 a	0,81 a	0,80 a