

## Avaliação de extratores de boro em solo cultivado com alfafa<sup>(1)</sup>

**Adônis Moreira<sup>(2)</sup>; Larissa Alexandra Cardoso Moraes<sup>(2)</sup>; Juliana Aparecida Souza<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPESP.

<sup>(2)</sup>; Pesquisadores; Embrapa Soja; Londrina, Estado do Paraná, E-mail: adonismoreira66@gmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante de Doutorado; Universidade Estadual de Londrina; Londrina, Estado do Paraná

**RESUMO:** Apesar do limite de deficiência e toxidez do boro (B) ser na maioria das culturas estreita, na alfafa (*Medicago sativa*) a faixa utilizada para determinar o nível crítico é ampla, variando de 20 a 80 mg de B kg<sup>-1</sup>, porém, esses valores foram estabelecidos em condições de clima temperado e com cultivares diferentes da utilizada no Brasil. Este projeto tem por objetivo avaliar a eficiência de sete extratores na determinação da disponibilidade do B do solo correlacionando-os com a produtividade e teor foliar. Os experimentos foram realizados em condições de campo, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com duas fontes de B (ácido bórico e ulexita), duas saturações por base (60 e 80%) e cinco doses de B (0, 1, 3, 6 e 9 kg ha<sup>-1</sup>), em blocos ao acaso com quatro repetições. As soluções extratoras B-H<sub>2</sub>Oq; B-CaPO<sub>4</sub> e B-HCl apresentaram as maiores interações com as doses de B, enquanto os extratores B-H<sub>2</sub>Oq e B-CaPO<sub>4</sub> apresentaram, na média, as melhores correlações com a produção e teor de B na MSPA da alfafa. Independentemente do extrator, os métodos de leitura com Azometina H e ICP-AES são semelhantes na determinação do B disponível.

**Termos de indexação:** ácido bórico, ulexita, *Medicago sativa*

### INTRODUÇÃO

O B e zinco (Zn) são os micronutrientes mais afetam a produtividade nos trópicos (Moreira et al., 2015). No caso do B, a aplicação tem ocorrido rotineiramente, sem levar em consideração as exigências das culturas. Outro problema, é que atualmente, os métodos utilizados para avaliar a disponibilidade deste micronutriente tem apresentado resultados muitas vezes discordantes em relação aos teores disponíveis. Isso se deve, principalmente, aos métodos de extração, que muitas vezes apresentam baixa sensibilidade às diferentes características dos solos, além das diferenças de composição química existentes entre os próprios extratores (Ferreira et al., 2001; Moreira & Castro, 2006).

Atualmente nos laboratórios de análise, a determinação da disponibilidade do B no solo é feita, basicamente, em água quente sob refluxo ou assistido por microondas. O principal problema é que esses dois métodos possuem baixo rendimento

e necessitam de equipamentos e recipientes específicos para realização das análises, são trabalhosos, aumentando significativamente o custo das mesmas, além de extrair somente um elemento. Outro empecilho verificado, é a baixa capacidade de separar adequadamente, dentro do grupo de solos com teores diversos de B, aqueles que realmente apresentam baixa disponibilidade para as plantas, e que resultarão em baixos teores foliares e baixa produtividade de grãos ou matéria seca, como atualmente visto em áreas de Cerrado.

Métodos de extração com soluções ácidas ou sais são frequentemente propostos e comparados com água quente tendo a finalidade de obter um método mais prático, tais como: Mehlich-1, Mehlich-3, HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>, HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, manitol 0,05 mol L<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> e CaCl<sub>2</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup>, sendo esses de menor custo e mais facilmente utilizados nas análises de rotina, porém, os resultados obtidos com essas soluções tem sido contraditórios.

A dificuldade na definição do nível crítico ou faixa de suficiência e de estabelecer o extrator que apresente a real disponibilidade do nutriente no solo, fica uma questão importante para os agricultores e, principalmente para assistência técnica: Qual a faixa crítica mostrada pelo extrator para a tomada de decisão na recomendação de adubação?; e se a mesma é, de modo geral, inadequada a avaliação da disponibilidade do B no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar quais extratores de B no solo apresentam a melhor correlação com a produção e teor de B na planta.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado num Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com as seguintes características químicas: pH em CaCl<sub>2</sub> = 4,3; M.O. = 27 g kg<sup>-1</sup>; P (resina) = 8,0 mg kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> (resina) = 1,8 mmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> (resina) 20,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> (resina) = 7,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> (resina) 1,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> = 29,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; V% = 50, B(água quente) = 0,12 mg kg<sup>-1</sup>; B (KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>) = 0,41 mg kg<sup>-1</sup>; B (Mehlich 1) = 1,20 mg kg<sup>-1</sup>; B (CaCl<sub>2</sub> 0,01mol L<sup>-1</sup> + manitol 0,05 mol L<sup>-1</sup>) = 0,09 mg kg<sup>-1</sup>; B (HCl 0,05 N) = 0,37 mg kg<sup>-1</sup>; B [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0,01mol L<sup>-1</sup>] = 0,30 mg kg<sup>-1</sup>; B (Mehlich 3) = 1,14 mg kg<sup>-1</sup>; Cu (DTPA) = 4,0 mg kg<sup>-1</sup>; Fe (DTPA) = 4,7 mg kg<sup>-1</sup>; Mn (DTPA) 53,0 mg kg<sup>-1</sup>; Zn (DTPA) = 1,4 mg kg<sup>-1</sup>. O



delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de duas saturações por base (60% e 80%), duas fontes de B [ $H_3BO_3$ , 17% de B e ulexita ( $Na_2 \cdot 2CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 16H_2O$ ), 8% de B], e cinco doses de B (0, 1, 3, 6 e 9  $kg\ ha^{-1}$ ). Exceto o N e B, as adubações foram feitas de acordo com Moreira et al. (2007). Os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) e as doses de B correspondente aos tratamentos foram misturados e aplicados juntamente com o superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e incorporados com enxada rotativa. A alfafa foi utilizada como planta indicadora, o qual seis corte com intervalo de 30 dias foram realizados.

Para determinação do B disponível, foram coletadas amostras de terra na profundidade de 0-20 cm de cada tratamento juntamente com a colheita da parte aérea. Depois de peneiradas e secas ao ar, foram realizadas as seguintes análises:

B - Mehlich 1 (B-M1): Foi determinado usando como extrator a solução contendo 0,05 mol  $L^{-1}$  de HCl + 0,0125 mol  $L^{-1}$  de  $H_2SO_4$ , na relação 10  $cm^3$  de TFSA: 100 mL da solução extratora, 5 minutos de agitação e decantação de 16 horas;

B - Mehlich-3 (B-M3): Foi colocado 10  $cm^3$  de solo e adicionado 100 mL da solução extratora (0,2 mol  $L^{-1}$  de  $CH_3COOH$  + 0,25 mol  $L^{-1}$  de  $NH_4NO_3$  + 0,015 mol  $L^{-1}$  de  $NH_4F$  + 0,001 mol  $L^{-1}$  de EDTA ácido), seguindo de 5 minutos de agitação e decantação de 16 horas;

B - água quente (B- $H_2Oq$ ): O B foi extraído em solução de cloreto de bário 1,25 g  $L^{-1}$  sob refluxo, cachimbando 10  $cm^3$  de TFSA em 20mL de solução;

B - HCl 0,05 N (B-HCl): Foi cachimbado 10  $cm^3$  de TFSA e adicionados 20 mL de solução extratora solução e 0,5  $cm^3$  de carvão ativado, seguindo de 5 minutos de agitação e filtragem;

B - Manitol 0,05 mol  $L^{-1}$  +  $CaCl_2$  0,01 mol  $L^{-1}$  (B- $CaCl_2$ ): Foi colocado 10  $cm^3$  de TFSA, adicionar 20 mL de solução extratora solução e 0,5  $cm^3$  de carvão ativado, seguindo de 5 minutos de agitação e filtragem;

B -  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$  0,01 mol  $L^{-1}$  (B- $CaPO_4$ ): A determinação foi feita com  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$  0,01 mol  $L^{-1}$ , cachimbando 10  $cm^3$  de TFSA em 25 mL de solução extratora solução e 0,5  $cm^3$  de carvão ativado, seguindo de 5 minutos de agitação e filtragem;

B - KCl 1,0 mol  $L^{-1}$  (B-KCl): foi determinado com a solução extratora contendo 1,0 mol  $L^{-1}$  de KCl, na relação 10  $cm^3$  de TFSA: 100 mL da solução extratora, 5 minutos de agitação e filtragem.

As leituras das amostras de solo foram realizadas por espectrofotometria usando o reagente colorimétrico Azometina-H, no comprimento de onda de 420 nm (Abreu et al. 2001) e ICP-AES. As

soluções dos métodos B-M3 e B- $CaCl_2$  foram centrifugadas para diminuir a turbidez.

De acordo com o delineamento proposto, foi realizada à análise de variância (ANOVA - teste F. As análises de regressão foram usadas para estudar as relações entre as doses de B aplicadas no solo com o total do nutriente absorvido e com a produção obtida em cada corte e total (soma dos três cortes), enquanto as correlações para os teores de B nas folhas de cada cultivar e a produção de matéria seca com os teores disponíveis quantificados por espectrofotômetro – Azometina H e ICP-AES.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

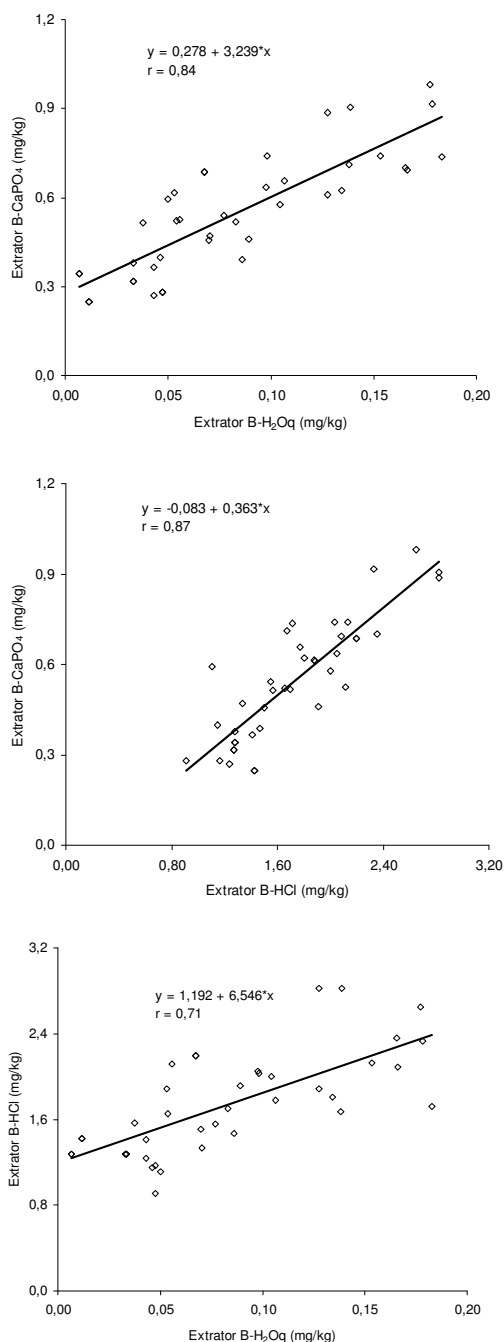
Na média das saturações por base (60% e 80%) e das fontes de B ( $H_3BO_3$  e ulexita), as soluções extratoras B- $H_2Oq$ ; B- $CaPO_4$  e B-HCl apresentaram interação com as doses de B, o mesmo não foi observado com B-KCl, B-M1, B-M3 e B- $CaCl_2$ . Houve variabilidade acentuada na determinação do B disponível, no qual o extrator B- $H_2Oq$  apresentou os menores valores (0,21  $mg\ kg^{-1}$ ), enquanto os extratores B-M1 e B-M3 foram os que tiveram a maior capacidade de extração, 3,45  $mg\ kg^{-1}$  e 2,54  $mg\ kg^{-1}$ , respectivamente.

Os extratores B- $H_2Oq$  e B- $CaPO_4$  tiveram, na média, as melhores correlações com a produção e teor de B na MSPA da alfafa, independentemente das fontes de B utilizada. Após o sexto corte, houve diminuição expressiva nos teores de B disponível, quando comparado com a amostragem feita após o primeiro corte, fato esse mais representativo com o extrator B- $H_2Oq$ . Exceto o controle (0  $kg\ ha^{-1}$ ), a aplicação da ulexita proporcionou os maiores teores de B no solo (B- $H_2Oq$ ), indicando uma vantagem em termos de adubação de reposição quando comparado com o  $H_3BO_3$ .

Na comparação nos métodos de quantificação do B disponível no solo, houve grande variabilidade das leituras do B-M3 e B- $CaCl_2$ . Das demais soluções, os teores obtidos com B- $H_2Oq$ , B- $CaPO_4$  e B-HCl apresentaram coeficientes significativos ( $p \leq 0,05$ ), com o incremento das doses de B. Na média das fontes e da saturação por bases, os coeficientes de determinação foram: B- $CaPO_4$ (0,64\*) > B- $H_2Oq$ (0,62\*) > B-HCl(0,55\*).

Nas correlações entre os métodos Azometina-H e ICP-AES, verificou-se que, exceto a solução B-M1 e B-M3, os métodos apresentaram correlação significativa. Os ajustes entre os dois métodos acompanharam a seguinte sequência: B- $H_2Oq$  > B- $CaPO_4$  > B-HCl > B-KCl > B-M1. Tais resultados demonstraram que os dois métodos são semelhantes na determinação do B disponível no solo.

Estes resultados também são confirmados com as correlações do B disponível no solo feitas entre os extratores B-H<sub>2</sub>Oq, B-CaPO<sub>4</sub> e B-HCl nos quais indicaram alta correlação independente dos tratamentos (Figura 1).



**Figura 1** - Correlações entre os extratores B-H<sub>2</sub>Oq, B-HCl e B-CaPO<sub>4</sub> para determinação do B disponível no solo quantificado com ICP-AES.  
\*Significativo a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

As soluções extratoras B-H<sub>2</sub>Oq; B-CaPO<sub>4</sub> e B-HCl apresentaram as maiores interações com as doses de B, enquanto os extratores B-H<sub>2</sub>Oq e B-CaPO<sub>4</sub> na média, as melhores correlações com a produção e teor de B na MSPA da alfafa.

Os métodos de leitura com Azometina-H e ICP-AES são semelhantes na determinação do B disponível.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a equipe de fertilidade e microbiologia do solo da Embrapa Pecuária Sudeste pelo apoio nos experimentos de campo e análises laboratoriais,

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M.F.; ABREU, A.A. & ANDRADE, J.C. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com microondas. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. (Eds.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p.231-239.
- FERREIRA, G.B.; FONTES, R.L.F.; FONTES, M.P.F. & ALVAREZ VENEGAS, V.H. Comparing calcium chloride, barium chloride, hot water extractions and testing activated charcoal plus Azomethine-H dosage for boron determination in Brazil soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32:3153-3167, 2001.
- MOREIRA, A.; BERNARDI A.C.C., RASSINI, J.B. FERREIRA, R.P. & OLIVEIRA P.P.A. Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 40p. (Serie Documentos, 67).
- MOREIRA, A. & CASTRO, C. Extratores ácidos e saias na determinação da disponibilidade de boro no solo. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2006. 4p. (Comunicado Técnico, 36).
- MOREIRA, A., MORAES, L.A.C., & FAGERIA, N.K. Zinc and amino-acids on the yield and nutritional state of alfalfa grown in the tropical soil. *Journal of Plant Nutrition*, 38:780-794, 2015.