

LIXIVIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE BORO EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO

Augusto Alves Ferreira De Souza¹
Gustavo Ferreira Brandão Ramos²
Carla da Silva Dias³
Vinícius Sigilião Silveira Silva⁴
Irlane Toledo Bastos⁵

bastostirlane@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Ciências Agrárias

RESUMO

O boro é um micronutriente de grande relevância, pois está relacionado a vários processos fisiológicos nas plantas, dentre eles: crescimento meristemático, correto funcionamento da membrana celular, biossíntese da parede celular, transporte de auxinas (AIA), metabolismo de carboidratos, e síntese de ácidos nucleicos. Sua deficiência na planta surge devido ao tipo de solo, tendo maior grau de lixiviação em solos que apresentam textura arenosa, pH neutro, baixa concentração de matéria orgânica e adsorção em hidróxidos de ferro e alumínio. Em áreas que possuem alto índice pluviométrico, o elemento é facilmente lixiviado, devido à ausência de carga em sua estrutura molecular. No presente trabalho, objetiva-se avaliar a lixiviação de diferentes fontes de boro em latossolo-amarelo distrófico de textura média. Para tanto, foram utilizados os seguintes tratamentos: Testemunha, ácido bórico, ulexita, Evo Bor Solo e borato de sódio. Cada tratamento foi conduzido em tubos de PVC de 75 mm de diâmetro, conduzidos verticalmente, submetidos a uma precipitação de 277 mm/mês, sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Foram analisados os teores de boro presente na camada de 0-10 cm e 10-20 cm. O ácido bórico convencional apresentou as menores concentrações nas duas camadas de solo analisadas, demonstrando maior lixiviação, sendo, portanto, a única fonte com comportamento estatisticamente diferente.

¹ Graduados em Engenharia Agrônômica pela Univértix – Centro Universitário.

² Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre e Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa. Professora da Univértix - Centro Universitário.

³ Graduado em Engenharia Agrônômica e Especialista em Docência do Ensino Superior pela Univértix – Centro Universitário. Professor da Univértix – Centro Universitário. Professor da Univértix - Centro Universitário.

⁴ Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre e Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa. Coordenadora e professora da Univértix - Centro Universitário.

PALAVRAS-CHAVE: Nutriente; Adubação; Lixiviação.

INTRODUÇÃO

No setor agrário, evidencia-se a crescente demanda da produção de alimentos, fibras e combustíveis, enquanto significativa atividade agrícola desempenhada no país e no mundo. Essa expansão nos últimos anos advém da busca pela vida com mais qualidade, bem como pelo incremento populacional, longevidade e obrigatoriedade de lucro do homem do campo, para o efetivo êxito deste. Seja qual for a justificativa, o referido setor tem se transformado rapidamente, o que exige a utilização das mais diversas ferramentas, a fim de propiciar colheitas compensadoras e de qualidade (XAVIER; NATALE, 2016).

Para atingir o sucesso na produção, fatores que limitam o desenvolvimento e a produtividade das plantas devem ser suprimidos. Nessa perspectiva, o aspecto nutricional é de fundamental importância, tanto por interferir diretamente sobre a produtividade quanto por ser uma prática que representa um expressivo percentual dos custos produtivos (XAVIER; NATALE, 2016). Tendo em vista a relevância desses fatores, a fertilidade dos solos, nutrição e adubação são componentes básicos para se conquistar um sistema eficiente de produção (COELHO, 2007).

A disposição dos nutrientes no sistema, assim como a do boro, deve estar sincronizada com a exigência da cultura em quantidade, forma e tempo. Um programa congruente de adubação envolve: análise da fertilidade do solo; requerimento nutricional da cultura de acordo com sua finalidade (grãos ou forragem); padrão de absorção e acumulação dos nutrientes; fontes dos nutrientes requeridos e manejo da adubação (COELHO, 2007).

Analisando o aporte de nutrientes necessários para a boa produtividade na agricultura, destaca-se o boro enquanto elemento essencial para todos os vegetais. Ele atua no crescimento meristemático, no correto funcionamento da membrana celular, na biossíntese da parede celular, no transporte das auxinas (AIA), no metabolismo de carboidratos e na síntese de ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGR, 2016), ou seja, exerce importantes funções no desenvolvimento da planta.

O boro possui grande importância para o desenvolvimento das culturas, pois desempenha papéis vitais no processo de metabolismo das plantas, agindo na síntese de fito-hormônios e no estágio reprodutivo. Tais funções importantes estão diretamente associadas à germinação do grão de pólen e ao crescimento do tubo polínico, auxiliando no vingamento da florada e no aumento da granação (CASTILLO, 2016).

Marschner (2012) ressalta que não é apenas o boro que interfere na planta, pois a absorção de todos os nutrientes é influenciada por diferentes fatores, e estes variam de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, além de afetarem diretamente o crescimento da planta, a eficiência das raízes presentes e a disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, um determinado elemento pode inibir ou estimular a absorção de outros e as interações entre esses nutrientes irão interferir na composição mineral das plantas.

O boro também pode influenciar na absorção, no transporte e até no uso de nutrientes pelas plantas. Em estudo sobre cultivo de algodão, Araújo e Silva (2012) observaram que a adubação com boro aumentou a eficiência de absorção. De grande importância qualitativa, o boro é um ativador no transporte de açúcares, proteínas e nutrientes (principalmente do cálcio) para os frutos e outros órgãos do cafeeiro. Opera na síntese de substâncias fenólicas, participa também da divisão celular e da fecundação da flor pelo grão de pólen (MASCARENHAS *et al.*, 2014).

Segundo Matiello (2015), os indícios de deficiência surgem nas folhas mais novas, deixando-as afiladas, com tamanho reduzido, com bordas arredondadas. Sua disponibilidade é induzida pelo pH, cuja elevação indisponibiliza a absorção do nutriente. Sua perda é maximizada em solos que apresentam pH estando na faixa de 8 a 9 (DECHEN; NATCHTIGAL, 2007).

O boro é encontrado no solo nos minerais silicatados, adsorvido na matéria orgânica (MO), em argilominerais e nos hidróxidos de ferro e alumínio (DECHEN; NATCHTIGAL, 2007).

Além do pH, outros fatores interferem na disponibilidade do elemento para as plantas tais como: o tipo de solo, umidade presente no solo, concentração de

matéria orgânica, compactação e reatividade do solo. A textura do solo exerce grande influência na disponibilidade do boro, sendo esperada a menor disponibilidade desse elemento com o aumento do teor de argila, em função da adsorção na superfície de hidróxidos de Fe e Al e óxidos de Fe (LEITE *et al.*, 2011). Nos solos arenosos, pode haver excessiva lixiviação de boro em função de sua estrutura molecular (H_3BO_3) sem presença de carga, facilmente lixiviável em altas precipitações.

As principais fontes de boro aplicadas são: ulexita, colemanita e ácido bórico. A colemanita e a ulexita são fontes pouco solúveis, já o ácido bórico é muito solúvel, podendo assim apresentar maior perda no perfil do solo, em solos de textura arenosa e média, principalmente em condições de elevadas precipitações (DECHEN; NATCHTIGAL, 2007; DIAS *et al.*, 2016).

Isso posto, neste trabalho, objetiva-se avaliar a lixiviação de diferentes fontes de boro num latossolo-amarelo distrófico de textura média nas Matas de Minas, sob pluviosidade mensal de 277 mm.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

IMPORTÂNCIA DO BORO

O boro é um micronutriente muito visado em estudos, devido ao reconhecimento de sua importância no metabolismo vegetal, sendo fundamental não só para elevados rendimentos, mas também para alta qualidade e sanidade das culturas (BRITO, 2011).

Sua deficiência afeta pontualmente as culturas, pois está diretamente ligado aos processos fisiológicos da planta, tais como: estruturação da parede celular, transporte de açúcares, metabolismo de RNA, integridade da membrana plasmática, metabolismo de respiração, metabolismo de carboidratos (INSUNBO, 2021).

Atua também no estágio reprodutivo, onde afeta diretamente a germinação do grão de pólen, associado ao processo de enchimento dos grãos, influenciando de

maneira muito importante o número, o peso e o tamanho dos grãos que serão colhidos (BONA *et al.*, 2016).

FORMAS DE APLICAÇÃO

Adubações com boro podem ser executadas de duas maneiras, via foliar ou via solo. As doses não devem ser superiores às recomendadas, pois caso seja distribuído em excesso pode gerar toxidez do elemento na cultura (BONA *et al.*, 2016).

A adubação com boro deve ser realizada com o intuito de atingir teores acima do nível considerado crítico, objetivando a correção de boro no solo e o aumento da produtividade (YAMADA, 2016).

Uma alternativa para a aplicação de nutrientes é a fertirrigação, que apresenta vantagens na eficiência e no uso econômico de fertilizantes, sendo possível usar doses recomendadas para cada estágio fenológico da cultura. Possibilita, também, a correta disposição do nutriente, havendo maior zona de eficiência radicular e, conseqüentemente, maior aproveitamento (BISCARO; OLIVEIRA, 2014).

A aplicação também pode ser feita via folha, denominada como adubação foliar. Tal fornecimento de nutrientes visa suprir a planta de forma que esse possa ser prontamente absorvido, auxiliando na correção de deficiências nutricionais e munindo a planta de nutrientes, em casos nos quais a aplicação via solo não apresenta a eficiência esperada (VERDIN *et al.*, 2013).

Outra opção é a aplicação diretamente ao solo, na linha de plantio, em covas ou na área total. As culturas não conseguem aproveitar totalmente os nutrientes e parte desses que não são absorvidos acabam lixiviados ou fixados ao solo (DOMINGOS *et al.*, 2015).

O boro é facilmente absorvido pelas plantas, tanto via radicular quanto via foliar, como borato ou como ácido bórico. Quando o teor na solução desse elemento é alto, pode ocorrer toxidez, em razão do movimento passivo do boro por fluxo de massa no solo (VANIN, 2014).

Na cultura de plantas perenes como o café, o fornecimento de boro pode ser realizado no momento mais oportuno, concomitantemente à aplicação de fungicidas/inseticidas, optando por fontes de boa solubilidade como o ácido bórico ou octaborato de sódio (MATIELLO; FACUNDES, 2016). Outra opção é a aplicação na projeção da copa via ulexita (TOMICIOLI *et al.*, 2020).

LIXIVIAÇÃO

Vários mecanismos têm sido pontuados para explicar a lixiviação e a adsorção de boro em um solo: a adsorção de ácido bórico, a adsorção de íons borato, a formação de complexos orgânicos, a entrada de boro nas grades cristalinas dos minerais de argila e a precipitação de boratos insolúveis com alumínio e sílica (CRUZ *et al.*, 1987).

A quantidade de boro que um solo pode adsorver depende diretamente da concentração da solução em equilíbrio, da textura, teor de matéria orgânica, pH, da mineralogia desse solo (AZEVEDO *et al.*, 2001). A textura, o pH e a calagem são as condições que mais influenciam a adsorção e a lixiviação desse elemento. No solo, ele se adsorve conforme a elevação de seu pH até a 9, e a partir daí há um declínio. No Brasil, aumentos de pH de 4,2 a 5,6, em Latossolo Vermelho de textura média, causaram aumento significativo na quantidade de boro adsorvido (CRUZ *et al.*, 1987).

Grande parte do boro no solo está significativamente associada à fração orgânica presente. Parte do boro adicionado como fertilizante ao solo permanece solúvel e pode ser facilmente lixiviado (SILVA *et al.*, 1995). Solos pobres em matéria orgânica e arenosos propiciam baixas concentrações de boro, agravando-se em áreas de alta pluviosidade, onde o boro é altamente lixiviado. Já os solos de textura argilosa tendem a adsorver o boro adicionado por maiores períodos, ocorrendo também em solos com maior concentração de carbono orgânico e maior capacidade de troca catiônica. Estudos também mostram que há menor presença de boro em águas percoladas de solos com calagem, em comparação a solos sem calagem (SILVA *et al.*, 1995).

FONTES DE BORO

Citam-se as três principais fontes de boro, a saber: O ácido bórico (H_3BO_3) possui alta solubilidade e sua concentração varia entre 15-18% de boro. É uma fonte totalmente disponível para as plantas, podendo sofrer elevada lixiviação, em função da matéria orgânica presente, da precipitação e da textura do solo. Geralmente, é utilizado em aplicações via solo e via folha. No momento da dissecação de culturas anuais, é aplicado juntamente com o herbicida; no pré-plantio, pode ser aplicado na projeção da copa, juntamente com o fungicidas/ inseticidas, via esguicho, em culturas perenes como o café (TOMICIOLI *et al.*, 2020).

A ulexita – $NaCaB_5O_6 \cdot 5H_2O$ – constitui fonte de borato de cálcio e apresenta uma baixa solubilidade em água, disponibilizando assim o boro lentamente para o solo, a partir de uma granulometria variável. Apresenta concentração de 10-15% de boro e cálcio de 12-14%. Sua aplicação em culturas de ciclo anual é feita a lanço em área total ou misturado em adubos formulados. Em culturas perenes, sua aplicação pode ser executada na projeção da copa das plantas via lanço. Trata-se de uma excelente alternativa para solos arenosos e de textura média que apresentam elevadas precipitações e baixo teor de matéria orgânica. Sua liberação gradual possibilita reduzir perdas por lixiviação (TOMICIOLI *et al.*, 2020).

O bórax – $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ é uma fonte de borato de sódio que apresenta boa solubilidade. Seu teor de boro varia de 10-15%, podendo ser utilizado no momento da dessecação em culturas anuais. Para culturas perenes, é aplicado na projeção da copa (TOMICIOLI *et al.*, 2020).

METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no laboratório da Faculdade Vértice-Univértix, situada no município de Matipó - MG, com altitude média de 700 m e pluviosidade média anual de 1.123 mm.

O solo foi coletado no município de Luisburgo - MG, em área de pastagem. Foi coletada uma camada superficial com auxílio de uma pá e um enxadão. O solo foi seco e passado numa peneira de 4 mm de diâmetro.

Uma subamostra foi enviada a um laboratório de análises, a fim de se classificar esse solo. A partir de uma análise granulométrica, foram dados os teores de areia (31,56%), silte (13,32%) e argila (55,12%) desse solo, permitindo classificá-lo como um Argiloso "tipo 3". Posteriormente, realizou-se uma análise química para obter o teor de boro desse solo que, por sua vez, foi de 0,17 mg/dm³, matéria orgânica de 0,46 dag/kg, pH de 4,87, CTC efetiva de 1,13 e percentual da saturação por bases de 30,03%, que possibilitou classificá-lo como distrófico.

Para a montagem do experimento, foram feitas 20 colunas de PVC de diâmetro 75 mm (CORREIA *et al.*, 2016) e 25 cm de altura (SILVA *et al.*, 2012). As mesmas tiveram sua base tampada com TNT triplamente dobrado, permitindo somente a passagem da água, e essas colunas foram conduzidas verticalmente.

Antes do preenchimento das colunas, as mesmas foram submetidas a ranhuras internas no sentido horizontal, objetivando impedir o livre fluxo de água nas laterais da coluna.

O solo foi adicionado da mesma forma em todas as colunas, tendo as mesmas 22 cm de solo acomodado. Foi feita uma pesagem do solo das colunas e o peso em todas foi igual, atingindo 1.016 dm³.

O solo foi adequadamente molhado dentro das colunas, até o atingir sua capacidade de campo, com cerca de 500 mL de água destilada por coluna. Posteriormente, foram adicionadas as fontes de boro em cada repetição dos tratamentos dispostos ao acaso (DIC).

O delineamento experimental foi composto por cinco tratamentos: Testemunha, Ácido Bórico, Ulexita, Ácido Bórico + Proteína (Evo Bor Solo) e Borato de sódio, mesclando um solo sem aplicação de boro, um tratamento com uma fonte sem proteção, um com uma fonte com proteção química e dois com fontes de proteção física.

Em cada coluna tratada com boro foi adicionado 6,8 mg do elemento (ABREU *et al.*, 2004), chegando, assim, à soma de 6,692 mg/dm³ de boro no solo, além da quantidade do elemento contida previamente.

Cada tratamento teve apenas 20 cm de solo a ser submetida à análise, pois o boro que ultrapassa essa profundidade está praticamente indisponível para boa parte das plantas. Além disso, as mesmas apresentam maior parte de seu sistema radicular numa profundidade igual ou inferior a essa (CARDUCCI *et al.*, 2014).

Cada coluna foi submetida a uma precipitação de 300 mL de água destilada por vez, em aplicações semanais, de 69,25 mm, obtendo, assim, cerca de 277 mm mensais, sendo essa a média pluviométrica do município, levando os tratamentos a uma lixiviação representativa da agricultura local.

O trabalho foi conduzido no segundo semestre do ano de 2021. Após as aplicações, o solo de cada repetição dos tratamentos foi retirado separadamente das colunas, em camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, descartando 1 cm da parte superior e 1 cm da parte inferior de cada coluna, a fim de evitar grandes concentrações do elemento nessas áreas. O solo foi seco separadamente e, em cada um, foi coletada uma subamostra, posteriormente enviada ao laboratório para a análise dos teores de boro, com a finalidade de verificar qual das fontes teve a menor e a maior lixiviação entre as demais.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Skott-Knott, a 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico RProject, versão 3.2.2.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, apresenta-se a análise de variância, mostrando a significância dos quadrados médios, com efeito de tratamento, já que pelo menos um difere estatisticamente dos demais ao nível de 5% de probabilidade. O coeficiente de variação para ambas as análises indica que o experimento apresentou alta precisão, conforme atestado por Pimentel (1985).

Tabela 1: Tabela de análise de variância.

FV	0-10 cm	10 - 20 cm
QMT	4.95*	18.06*
QMR	0.17	0.17
Média	2.00	3.62
C.V.(%)	20.82	11.49

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A concentração de boro no solo em três diferentes fontes (Ulexita, Borato de Sódio e Evo Bor) não diferiu estatisticamente entre si e foi maior quando comparada ao ácido bórico nas repetições dos tratamentos de 0–10 cm (Figura 1).

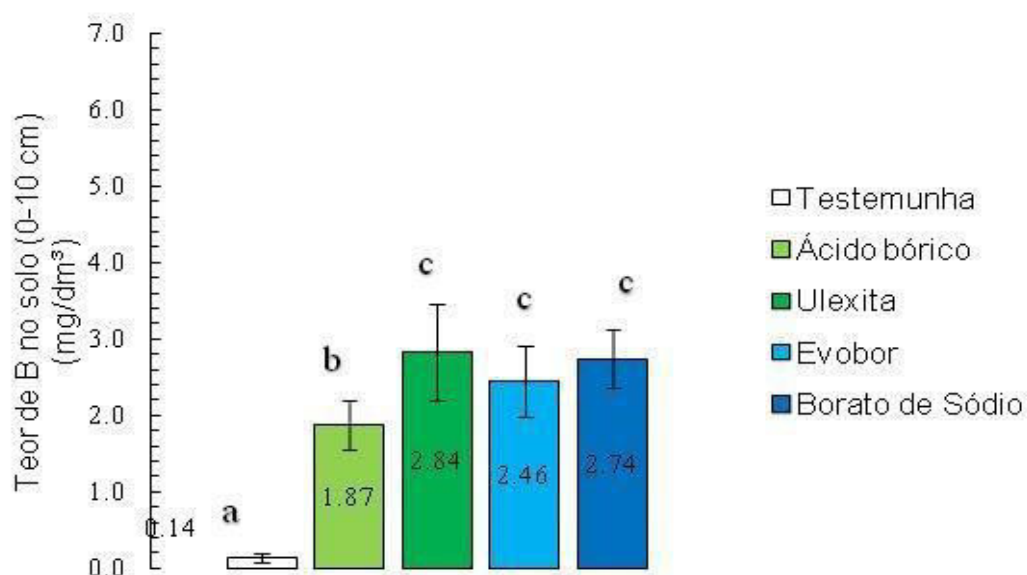


Figura 1: Boro acumulado no perfil de 0-10 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Na camada analisada de 10-20 cm, o comportamento das fontes foi semelhante à camada de 0-10 cm. O ácido bórico continuou apresentando os piores resultados e foi o único a diferir-se estatisticamente dos demais, conforme apresentado por Silva (2019) (Figura 2).

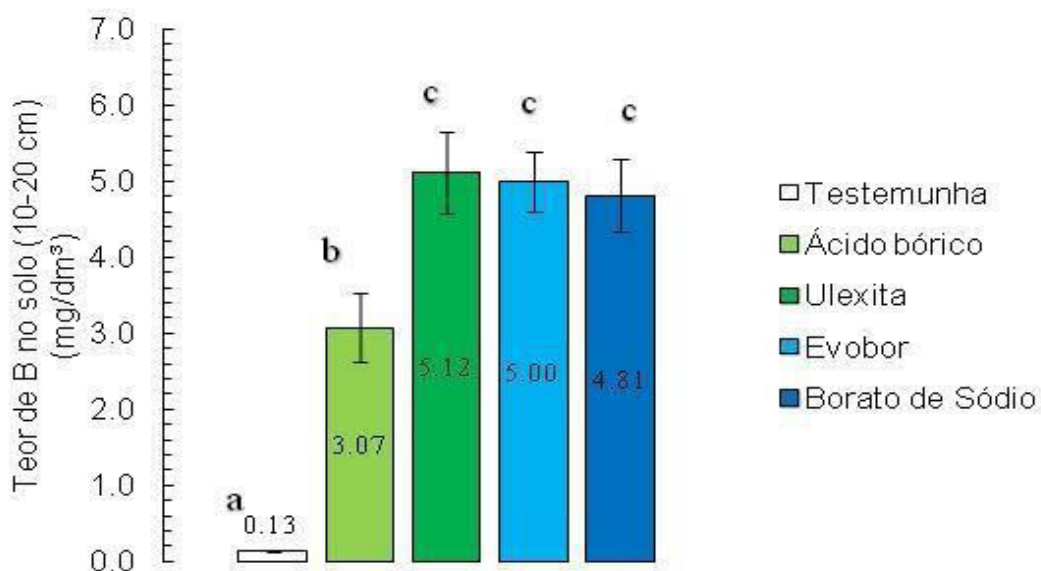


Figura 2: Boro acumulado no perfil de 10-20 cm.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A ulexita, o borato de sódio e o ácido bórico + proteína (Evo Bor Solo) apresentaram uma liberação menor e gradual de boro no perfil do solo, em decorrência da proteção presente em cada um, pois os mesmos ficam aderidos numa camada de difícil diluição ou no solo, com a presença de carga nas periferias de sua estrutura (ABREU *et al.*, 2015).

Há a proteção da ulexita, pois esta é uma rocha bruta com presença de cálcio em sua composição, o que torna seu grânulo pouco solúvel. Após sua diluição no solo, o boro presente na ulexita ainda tem que passar por uma reação de redução ocasionada pela acidez do próprio solo, saindo, assim, da forma de borato para a forma de ácido bórico, que é a forma absorvível pelas plantas.

O borato de sódio é mais solúvel que a ulexita, porém também é menos solúvel que o ácido bórico, e essa menor solubilidade permite que ele perca um pouco mais no solo. Assim como a ulexita, o boro presente em sua composição precisa de passar por um processo de redução, de borato para ácido bórico para ser absorvido.

Já o Evo Bor Solo tem uma proteção diferente das demais, pois o produto comercial é feito a partir do ácido bórico solubilizado. É adicionada uma espécie de proteína de aspecto gelatinoso e carregada de cargas, num processo que envolve temperatura e pressão. Desse modo, essa proteína consegue envolver toda a estrutura do ácido bórico, tornando suas periferias energizadas, além de possibilitar que o mesmo possa se aderir aos coloides e argila desse solo.

O ácido bórico convencional, por sua vez, liberou prontamente o boro no solo e não se manteve em grandes concentrações no perfil do mesmo, devido à ausência de quaisquer tipos de proteção, seja ela física ou química, justificando assim sua inferioridade nos resultados, semelhantes aos apresentados por Abreu *et al.* (2015). As solubilidades da ulexita e do borato de sódio não demonstraram diferenças estatísticas entre os resultados obtidos. O Evo Bor Solo também não diferiu estatisticamente dos outros tratamentos, apesar de o mesmo ser altamente solúvel em água. Sua proteção por cargas segmenta sua liberação e impede a livre percolação do boro no perfil do solo, assim como ocorrido com o ácido bórico.

O Evo Bor Solo é dependente da CTC do solo para que ele possa se aderir e segmentar a liberação do boro em sua composição. Observa-se que o solo presente no experimento é um solo de CTC efetiva muito baixa (1,13), o que impossibilitou o produto de expressar todo seu potencial. Mesmo assim, esse foi um dos tratamentos a apresentar melhor resultado, juntamente à Ulexita e ao Borato de sódio, não havendo diferença estatística entre ambos.

Em um solo de melhor CTC, acredita-se que o Evo Bor Solo pode diferir-se dos demais, ao manter maior quantidade de boro na primeira camada de solo de 010 cm e apresentar menor quantidade de boro lixiviado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ácido bórico convencional constitui única fonte solúvel e é carente de proteção, apresentando as menores concentrações de boro nas duas camadas de solo analisadas. Foi a única fonte com comportamento estatisticamente divergente em relação às demais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; RAIJ, B. V.; ABREU, M. F.; GABE, U. YASUDA, M. **Reação e movimentação de boro no solo aplicado como ulexita, fritas e ácido bórico.** *In: Fertibio*, 2004, Lages. Universidade de Lages, 2004.
- ABREU, C. A.; SOUZA, C. P. C.; ANDRADE, C. A.; ROSSI, R. Lixiviação e disponibilidade de Boro em função de fontes e características de solos. *In: Congresso brasileiro de ciência do solo*, Natal, 2015, p. 1-4, 2 a 7 ago. 2015.
- ARAÚJO, E. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, 2012, v. 7, p. 720- 727, set, 2012.
- AZEVEDO, W. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária**. Brasília, v. 36, n. 7, p. 957-964, jul. 2001.
- BISCARO, G. A.; OLIVEIRA, A. C. Fertirrigação. *In: BISCARO, G. A. Sistema de irrigação localizada*, Dourados: UFGD, 2014. p. 69-108.
- BONA, F. D. D.; MORI, C. D.; WIETHOLTER, S. **Manejo nutricional da cultura do trigo.** *In: Informações agrônômicas*, Piracicaba, n.154, p. 1-16, junho 2016.
- BRITO, J. F. N.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTI, L. F.; ARAÚJO, R. C.; LACERDA, J. S. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro 'sunrise solo' em função de doses de nitrogênio e boro. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 69-80. 2011.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; LIMA, J. M.; ROSSONI, D. F.; COSTA, A. L.; OLIVEIRA, L. M. Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p. 270-278, 2014.
- CASTILLO, G. **A importância do Boro para cultura da soja.** 05/10/2016. Disponível em: <<https://3rlab.wordpress.com/2016/10/05/a-importancia-do-boropara-cultura-da-soja/>>. Acesso em:09.mar.2021.
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação.** *In: Cultivo do sorgo*, 3 ed., 2007, Embrapa milho e sorgo, Sistemas de produção, Sete Lagoas, 2007, p.1-11.
- CORREIA, R. O. S. R.; TEIXEIRA, P. C.; MATTOS, B. B.; POLIDORO, J. C.; MENDONÇA, L. B. Solubilidade e mobilidade de fertilizantes boratados em
Anais do FAVE – Fórum Acadêmico da Univértix, Matipó, v.1, setembro, 2022.

condições controladas. *In: Seminário Pibic Embrapa Solos 2015/2016*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016, p. 29-32.

CRUZ, M. C. P.; NAKAMURA, A. M.; FERREIRA, M. E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e o pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jaboticabal, 1987, v. 22, p. 621-626, 4 nov. 1987.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DIAS, R. C.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; GONÇALVES, R. G. M.; ZONTA, E. Efeito de fontes e doses de boro na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em plantas de braquiária. *In: Seminário PIBIC Embrapa Solos 2015/2016*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. p. 45-48.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, 2015, v. 14, n. 3, p. 1–9, 9 jun. 2015.

INSUNBO, C. **Adubação com azoto, fósforo, potássio e boro num lameiro de Trás-os-Montes**. 2021. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agroecologia) instituto politécnico de Bragança, Bragança, 2021.

LEITE, R. F. C.; SCHUCH, L. O. B.; AMARAL, A. S.; TAVARES, L. C. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v. 33, n. 4, p. 785-791, 2011.

MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. F.; WUTKE, E. B.; GALLO, P. B. Micronutrientes em soja no Estado de São Paulo. **Nucleus**, Ituverava, 2014, v. 11, n. 1, p. 179-198, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651p.

MATIELLO, J. B. **Deficiência de boro em mudas de café por efeito de pH alto no substrato**. Café Point, 2015. Disponível em:
<https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/deficiencia-de-boro-em-mudas-de-cafe-por-efeito-de-ph-alto-no-substrato-97209n.aspx>. Acesso em:
15.mar.2021.

MATIELLO, J. B.; FAGUNDES, A. V. **Uso de boro via drench em cafezais**. Clube de Tecnologia Cafeeira. Café point, 2016. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/uso-de-boro-via-drenchem-cafezais-103114n.aspx>. Acesso em: 10.nov.2021.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo:Nobel, 1985. p.467, 1985.

SILVA, J. F. **Lixiviação de boro em Latossolo em função de fontes e doses**. 2019. Pós-Graduação em produção vegetal. Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2019.

SILVA, N, F.; LELIS, J, A, N.; TEIXEIRA, M, B.; CUNHA, F, N.; MIRANDA, J, H.; COELHO, R, D. Distribuição de solutos em colunas de solo com vinhaça. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 340 - 350, 2012.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; KONDO, J. I.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, C. A. **Dez anos de sucessivas adubações com boro no algodoeiro**. Campinas, v.54, p.177-185, 17 fev. 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 918p.

TOMICIOLI, R. M.; LEAL, F. T.; COELHO, A. P. Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café. **South America Science**, Jaboticabal, p. 1-24, 17 set. 2020.

VANIN, A. **Benefícios do boro via foliar para a soja**. Revista campo e agronegócios. 2014. Disponível em:<<http://www.revistacampoenegocios.com.br/beneficios-do-boro-via-foliar-para-soja/>>. Acesso em: 15.nov.2021.

VERDIN, A. C. F.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; NOGUEIRA, N. O.; MACHADO, L. S. Adubação foliar do cafeeiro. *In*: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. **Tópicos especiais em produção vegetal**. Alegre, 2013. p. 694.

XAVIER, C. V.; NATALE, W. Influência de boro no teor, acúmulo e deficiência nutricional em porta-enxerto de caramboleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, 2016, n.1, v.12, p. 6-13, 28 out, 2016.

YAMADA, T. **Síndrome das raízes atrofiadas**. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/52567382-Sindrome-das-raizes-atrofiadas-ii-deficiencia-deboro.html>. Acesso em: 14.nov.2021.



Matipó/MG
XV FAVE
Fórum Acadêmico da Univértix
19 a 23 de Setembro de 2022