

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DOSES E FONTES DE BORO NO CULTIVO DE SOJA E DO MILHO
EM SUCESSÃO

JOHN LENNON BASILIO DA COSTA

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL

2021

JOHN LENNON BASILIO DA COSTA

**DOSES E FONTES DE BORO NO CULTIVO DE SOJA E DO MILHO EM
SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

Costa, John Lennon Basílio

Doses e fontes de boro no cultivo de soja e do milho em sucessão / John Lennon Basílio da Costa. - 2021.
28 f.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael de Souza Nunes

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2021.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Adubação. 2. *Glycine max*. 3. micronutriente. 4. sistema de cultivo. 5. produtividade de grãos. 6. *Zea mays*. I. Silva Alessandro Guerra. II. Nunes, Rafael de Souza

CDD:

JOHN LENNON BASÍLIO DA COSTA

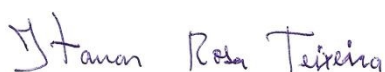
**DOSES E FONTES DE BORO NO CULTIVO DE SOJA E DO MILHO EM
SUCESSÃO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 12 de março de 2021



Dr. Rafael de Souza Nunes
Membro – EMBRAPA CERRADOS



Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Membro - FEA/UEG



Prof. Dr. Márcio Rosa
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da Banca Examinadora
Membro - FA/UniRV

DEDICATÓRIA

“Você não é o que gostaria de ser, nem o que diz que é, você é o que faz e os resultados que colhe.” Dedico esta dissertação primeiro a Deus, que nos mostra o caminho da sabedoria e da força para todos os momentos durante nossas vidas e aos professores, que fizeram parte da minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, que estiveram em toda a minha jornada, desde a graduação, até conclusão das matérias do mestrado,

Ao Alessandro Guerra, que esteve presente em todos os momentos de decisões em matérias cursadas e o presente trabalho.

Ao GAPES, pelas grandes oportunidades proporcionadas e em especial ao gestor de pesquisa Túlio Gonçalo, que me ajudou em momentos essenciais do percurso acadêmico e profissional.

Ao Rafael Nunes, que esteve presente nas decisões de elaboração e execução do trabalho.

A UniRV de modo geral, por me proporcionar todo amparo necessário, para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus familiares, pelo apoio constante, durante o período acadêmico, meus amigos por sempre estarem presentes, o Lindomar Junior, Anna Júlia e outros.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Soja.....	2
2.2 Milho.....	3
2.3 Boro.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	9
5 CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS.....	15

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Valores médios de precipitação (mm) durante a condução dos experimentos. Rio Verde – GO, safra 2018/19 e segunda safra 2019.....	6
FIGURA 2	Teor de B foliar em função das fontes e doses de boro na cultura da soja (tratamento adicional 62,95 mg kg ⁻¹), safra 2018/19, Rio Verde – GO.....	10
FIGURA 3	Produtividade de grãos em função das fontes e doses de B na cultura da soja (tratamento adicional 4.907 kg ha ⁻¹), safra 2018/19, Rio Verde - GO...	12

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resumo da análise de variância de teor foliar de B (TB), número de grãos por planta (NG), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD) de soja, submetida a doses e fontes de B, safra 2018/19, Rio Verde – GO.....	9
TABELA 2	Resumo da análise de variância para as características de altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (INS ESP), número de grãos por planta (NGE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD) de milho safrinha em função de doses e fontes de B, Rio Verde – GO.....	13
TABELA 3	Valores médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de doses e fontes de B na cultura da soja, safra 2018/19, Rio Verde – GO.....	13

RESUMO

COSTA, John Lennon Basílio da., Universidade de Rio Verde, march de 2021. **Doses e fontes de boro no cultivo de soja e do milho em sucessão.** Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva, Co-orientador: Dr. Rafael de Souza Nunes.

O B tem se mostrado como um elemento restritivo nos sistemas de produção agrícola, principalmente, nos cultivos de soja e milho em sucessão. Devido a necessidade de informações do manejo da adubação de B nos sistemas agrícolas do cerrado, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses e fontes de B, de diferentes solubilidades, no cultivo de soja e milho em sucessão. Os experimentos foram instalados a campo, em solo de textura argilosa, na safra 2018/19 e safrinha de 2019 no município de Rio Verde - GO. O delineamento empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial $4 \times 5 + 2$. O primeiro fator correspondeu a quatro fontes de B: ulexita, octaborato de sódio, tetraborato de sódio e ácido bórico associadas as doses 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 6,0 kg de B ha^{-1} , além de um tratamento adicional (1,0 kg ha^{-1} de ácido bórico na semeadura e aplicação de 103,7 g ha^{-1} de B na forma de monoetanolamina parcelada nos estádios V4 e R1) e do tratamento testemunha (sem B). Empregou-se a cultivar de soja N 6990 IPRO e o híbrido simples P3646. Os resultados obtidos permitiram constatar, que as maiores produtividades de grãos de soja foram obtidas com a dose de 6,0 kg ha^{-1} com as fontes ulexita e octaborato de sódio, e de 3,78 e 3,40 kg ha^{-1} para o ácido bórico e tetraborato de sódio, respectivamente. Para todas as fontes utilizadas houve ganhos em produtividade com a variação das doses. As fontes solúveis responderam como as fontes de menor solubilidade. O manejo tradicional da região proporcionou produtividades próximas as máximas obtidas.

Palavras-chave: Adubação, *Glycine max*, micronutriente, sistema de cultivo, produtividade de grãos, *Zea mays*.

ABSTRACT

COSTA, John Lennon Basilio da., University of Rio Verde, February 2021. **Boron doses and sources for soybean and corn in succession.** Advisor: Professor Dr. Alessandro Guerra da Silva, Co-Advisor: Dr. Rafael de Souza Nunes.

B has been shown as a restrictive element in agricultural production systems, mainly in soybean and corn crops in succession. Due to the need for information on B fertilizer management in the agricultural systems of the cerrado, this work aimed to evaluate the effects of doses and sources of B, of different solubilities, in the cultivation of soybean and corn in succession. The experiments were installed in the field, on clay-textured soil, in the 2018/19 harvest and in the second harvest in 2019, in Rio Verde- Goiás. The design used was the randomized block design, with four repetitions, in a 4X5+2 factorial scheme. The first factor corresponded to four sources of B: ulexite, sodium octaborate, sodium tetraborate and boric acid associated with 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; and 6,0 kg for ha⁻¹. Plus an additional treatment 1.0 ha⁻¹ of boric acid at sowing and application of 103.7 ha⁻¹ of B in the form of monoethalonamine in installments at the V4 and R1 stages), and the control treatment (without B). The soybean N 6990 IPRO and the simple hybrid P3646 were used. The results obtained allowed us to verify that the highest soybean yields were obtained with a dose of 6.0 kg ha⁻¹ with the sources ulexite and octaborate of sodium, and of 3,78 and 3,40 Kg ha⁻¹ for boric acid and sodium tetraborate, respectively. For all the sources used there were gains in productivity with dose variation. The soluble sources respond as the less soluble sources. The traditional management of the region provided yields close to the maximums obtained.

Key words: Fertilization, *Glycine max*, micronutrient, cropping system, grain yield, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, atualmente, é considerado o maior produtor mundial de soja com produção de 124,8 milhões de toneladas, na safra 2019/20. Para o milho, representando pela maior parte do cultivo em sucessão, a produção foi de 102,5 milhões de toneladas em 2020 (CONAB, 2021). Para aumentar ainda mais a produção e consequentemente a produtividade de grãos, deve-se otimizar os insumos nas áreas agrícolas, em especial, no que diz respeito ao equilíbrio nutricional das espécies cultivadas.

Dentre os fatores determinantes para se obter maiores produtividades e que representam um percentual significativo, no custo de produção das culturas, destaca-se o manejo da adubação (SILVA GOMES e BENETT, 2017). Neste contexto, a aplicação de micronutrientes segue a recomendação de acordo com os resultados das análises químicas de solo e de folha (SOUSA; LOBATO, 2004). No entanto, as fontes e suas respectivas doses, em especial o B, podem não favorecer a cultura, subestimando as respostas das culturas, podendo em alguns casos resultar em toxidez por excesso do nutriente (KAPPES et al., 2008).

De modo geral, os baixos teores de boro são favorecidos por condições de cultivo em: solos arenosos, altos índices pluviométricos, ocorrência de veranicos associados a estações secas, baixos teores de matéria orgânica e pH além da faixa de 5,0 a 7,0, sendo que quando ácido tem-se baixa disponibilidade e quando maior que 7,2 forma-se B indisponível, para a planta, o íon $B(OH)_4^-$ (HANSEL e OLIVEIRA, 2016; MALAVOLTA, 2006).

Com a evolução de pesquisa em genética de culturas altamente produtivas nos últimos anos, observa-se mudanças no comportamento das plantas e necessidades nutricionais destas de modo que, próximo a década de 1990 existiam culturas com muita massa foliar e baixas produtividades (próximo a 2.500 kg ha^{-1}) pensando na cultura da soja. Atualmente, existe a soja com porte baixo, pouca massa foliar e altas produtividades (potenciais de 4.500 a 8.400 kg ha^{-1} , padrões do Cesb – Comitê estratégico de soja Brasil), o que leva a dúvida da necessidade nutricional, em relação a teores no solo.

Os sintomas de deficiência de B na cultura da soja normalmente aparecem no ápice do caule e nas gemas terminais, as quais se tornam descoloridas e morrem. Além deste, pode ocorrer a queda das flores, resultando em menor pegamento floral, o que impacta na produtividade de grãos da cultura da soja. Para a cultura do milho, a deficiência de B ocasiona diminuição acentuada do porte e sintomas nas folhas novas, devido ser um nutriente imóvel na planta (MARSCHNER, 1995).

Ao se identificar deficiência na folha, sabe-se que há deficiência no solo e que o manejo adequado é a aplicação de B foliar, tendo oportunidade de utilizar B associado a monoetanolamina. Também chamada de 2-aminoetanol ou monoetanolamina (abreviado como ETA ou MEA), é um composto orgânico de fórmula $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{OH}$, ou seja, é ao mesmo tempo um álcool primário (devido ao grupo hidroxilo) e uma amina primária (devido ao grupo amino). Essa fração amina quando associado ao B pode facilitar a absorção no elemento pela pulverização foliar nas culturas.

Neste sentido, o manejo da adubação de B nos sistemas agrícolas é extremamente importante, por contribuir para a estabilidade produtiva das culturas, atingindo o seu máximo potencial em larga escala. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de fontes e doses de B nas características agrônômicas e nos componentes de produtividade da cultura da soja e do milho cultivados em sucessão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma espécie pertencente à família *Fabaceae*, apresenta caule hispido, folhas trifolioladas (exceto o primeiro par de folhas), possui flores hermafroditas, de fecundação autógama, frutos tipo vagens e são conhecidas como plantas de dias curtos (NEPOMUCENO, FARIAS e NEUMAIER, 2008). A planta da soja por ser do grupo C3 tendo como seu primeiro produto da fotossíntese uma triose fosfato, aproveitando menos o CO_2 (NEUMAIER et al. 2018).

A melhor faixa de temperatura do solo e do ar para o crescimento e desenvolvimento da soja é de 20 a 30°C. Para que ocorra uma emergência uniforme e uma rápida germinação, aos 5 cm de profundidade a temperatura do solo deve estar em média 25°C. A germinação e a emergência das plântulas na semeadura podem ser prejudicadas por temperaturas de solo menor que 20°. Com relação ao nível de consumo de água é considera-se ideal a utilização de 550 a 800 mm durante o seu ciclo (FARIAS et al., 2007; FRANÇA-NETO et al., 2016).

A soja além das exigências térmicas e hídricas, ainda tem as fotoperiódicas, que definem a adaptação das cultivares à determinada região. A soja é considerada uma planta de dias curtos, na qual possuindo um fotoperíodo crítico próprio a depender da cultivar

(PURCELL et al., 2014).

É uma planta herbácea, que 90% do constituinte de seu tecido vegetal é água. Costa (2011), reporta que a água atua na regulação térmica, mantendo e distribuindo o calor na planta, além de participar dos processos bioquímicos e fisiológicos, agindo como solvente no transporte de: gases, minerais e solutos.

O Brasil, atualmente, é considerado o maior produtor mundial de soja, com produção de 124,8 milhões de toneladas na safra 2019/20 com ganho de 4,3% em relação à safra de 2018/19 (CONAB, 2019). Graças a isso percebe-se a grande importância de estudos sobre a cultura.

2.2 Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Gramineae/Poaceae, com origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Iltis e possui elevadas qualidades nutricionais. Seus frutos são classificados como cariopse, sua raiz é fasciculada e é uma planta monóica, com órgãos masculinos e femininos na mesma planta em inflorescências distintas (BARROS e CALADO, 2014). Por ser uma planta C4, possui elevada eficiência com relação a produção de fotoassimilados e armazenamento de energia (MAGALHAES e SOUZA, 2012).

Sales et al. (2010), relatam que todas as culturas estão sujeitas aos efeitos do clima, sendo o déficit hídrico e alterações de temperatura, um dos maiores responsáveis pelas perdas produtivas. Para o cultivo, são necessários, no mínimo, de 350-500 mm de consumo de água, sendo que as maiores produtividades estão entre 500-800 mm. Para Santana, Landau e Sans (2012), são recomendadas para o milho temperaturas diárias de 19°C a 35°C e noturnas entre 12,8°C e 24°C.

O cultivo do milho é realizado em maior parte, em sucessão ou em segunda safra, sua produção foi de 102,5 milhões de toneladas em 2020, sendo esta considerada, como recorde (CONAB, 2019).

2.3 Boro

No solo o B está localizado especialmente nas camadas superficiais, ou seja, na região em que se encontra os maiores teores de matéria orgânica. Ao mineralizar, ocorre a lixiviação do nutriente (RAIJ, 2017) devido ser encontrado na forma de ácido bórico não dissociado

(H_3BO_3), sendo o único nutriente que ocorre na forma neutra (FURTINI NETO et al., 2001). Devido à sua neutralidade, os níveis baixos de matéria orgânica e pH elevado no solo afetam sua disponibilidade para as plantas (NIAZ et al., 2002; SHAFIQ et al., 2008).

O B é um nutriente fundamental para as plantas atuando como regulador enzimático, além de ser responsável, nos processos de estrutura e funcionamento das membranas, entrada e saída de solutos, síntese e estabilização da parede celular, além da lignificação e diferenciação de feixes vasculares (MARSCHNER, 1995). Quando há deficiência do elemento, não há o crescimento de novas raízes como também de novas brotações (YAMADA, 2000; FURLANI, 2004). O B atua ainda no florescimento, auxiliando o crescimento do tubo polínico, na atividade de hormônios e no metabolismo do nitrogênio (MALAVOLTA, 2006; DECHEN e NACHTIGALL, 2006).

Além dessas funções, o elemento B participa da síntese da base nitrogenada uracil, sendo componente do RNA. Na ausência, ocorre queda na síntese do RNA e, conseqüentemente, na síntese proteica (MARSCHNER, 1995). Em soja, a ausência de B ocasiona menor peso seco de nódulos em raízes, afetando diretamente a fixação biológica de nitrogênio (YAMAGISHI e YAMAMOTO, 1994).

Devido à pouca mobilidade na planta, os sintomas de deficiência se manifestam primeiramente nos tecidos jovens e recém formados. Outro sintoma de deficiência do elemento é o superbrotamento devido a morte da gema apical. Por outro lado, a toxidade caracteriza-se pelo aparecimento de manchas pardas nos bordos das folhas progredindo para a necrose e pontuações internervais, além de provocar o encarquilhamento das folhas mais velhas, encurtando também, os internódios e causando a morte da gema apical (SFREDO e BORKERT, 2004).

Dentre os micronutrientes exigidos pelas plantas cultivadas o B é requerido em pequenas quantidades, necessário 77 e 18,8 g por tonelada de grãos produzidos para as culturas da soja e milho, respectivamente, sendo que desta quantidade 20 e 4,1 g t⁻¹ são exportados pelos grãos (khua, 2006; EMBRAPA, 2008). Para atender estas necessidades, a aplicação do elemento pode ser feita juntamente com o formulado NPK no sulco de semeadura ou à lanço, como também, por ocasião da dessecação em pré-semeadura, ou ainda por aplicação via foliar, seja no estágio vegetativo ou reprodutivo.

No entanto, deve-se ter cautela no manejo da adubação borácica, pois doses elevadas podem ocasionar toxidade às culturas (SAHIN, 2014). O uso de diferentes fontes de B (borax, 11% B e granubor, 15% B) aplicadas em três doses (0,75, 1,00 e 1,25 kg B ha⁻¹), via solo, nas culturas da soja e lentilha ocasionaram aumento na produtividade de grãos, porém sendo

constatada toxicidade na maior dose (KHURANA, 2012). Efeito semelhante também em soja foi constatado, para a fonte Etigran-21, que foi aplicada em quatro dosagens (0,5, 1,0 e 1,5 mg kg⁻¹), de alta solubilidade, o que não ocorreu para a cultura do milho (BARDHAN et al., 2017).

Além de maiores doses, determinadas fontes de B podem proporcionar efeito residual no solo. Este fato torna interessante quando se objetiva manejar a adubação borácica nos sistemas agrícolas. Neste contexto, devido a sua solubilidade, fontes como etigran, colemanita granular e borato hidratado de sódio e cálcio apresentam liberação lenta (BARDHAN et al., 2017), as tornando interessante, para os sistemas de cultivo de soja e milho, pois a liberação gradual permitirá maior absorção, pelas culturas ao longo dos cultivos.

Quanto a modalidade de aplicação de B, independente se for realizada via solo (pré-semeadura) ou foliar (pleno florescimento), o uso de solubor proporcionou aumento na produtividade de grãos de soja (CIRAK et al., 2006), corroborando com dados de SOUZA et al. (2008) para aplicação do elemento no estágio R₃ (início da formação das vagens). No entanto, a eficiência de absorção do elemento pelas raízes é cerca de três vezes e meia superior a eficiência de absorção pelas folhas. Isto é atribuído a translocação do nutriente no xilema, sendo imóvel no floema em plantas que produzem poucas substâncias açucaradas devido a sua natureza fisiológica (SHIREEN et al., 2018). Isto demonstra a importância da aplicação do elemento no solo (FURLANI et al., 2001)

Para o cultivo de soja e do milho em sucessão, em condições de cerrado, a recomendação da aplicação de B é o emprego de 2,0 kg ha⁻¹ quando o nível estiver baixo (< 0,2 mg dm⁻³), independente da fonte (SOUSA; LOBATO, 2004). No entanto, o aumento contínuo da produtividade de grãos nos últimos anos, nos sistemas de sucessão de culturas pode-se levar a deficiência do elemento no solo, visto que a recomendação foi elaborada com cultivares de menor potencial produtivo, quando comparadas com aquelas usadas atualmente. Sendo assim, acredita-se que o manejo da adubação com B possa estar deficiente, havendo necessidade de avaliar os efeitos de fontes e doses nos sistemas de produção de soja e milho em sucessão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo, no município de Rio Verde – GO (17°52'08" S; 50°55'38" W; e 750 m de altitude) em área de plantio direto, na safra 2018/19. Dois anos antes da instalação dos experimentos a campo, a área foi cultivada com pastagem de *Brachiaria ruziziensis*, considerada em condições degradadas, através do plantio direto, cultivou-se soja na safra 2017/18 e milho na safra 2018, durante os cultivos, não foi incrementadas fontes de B. O índice pluviométrico durante o cultivo de soja e milho nos experimentos foi de acordo com a figura 1.

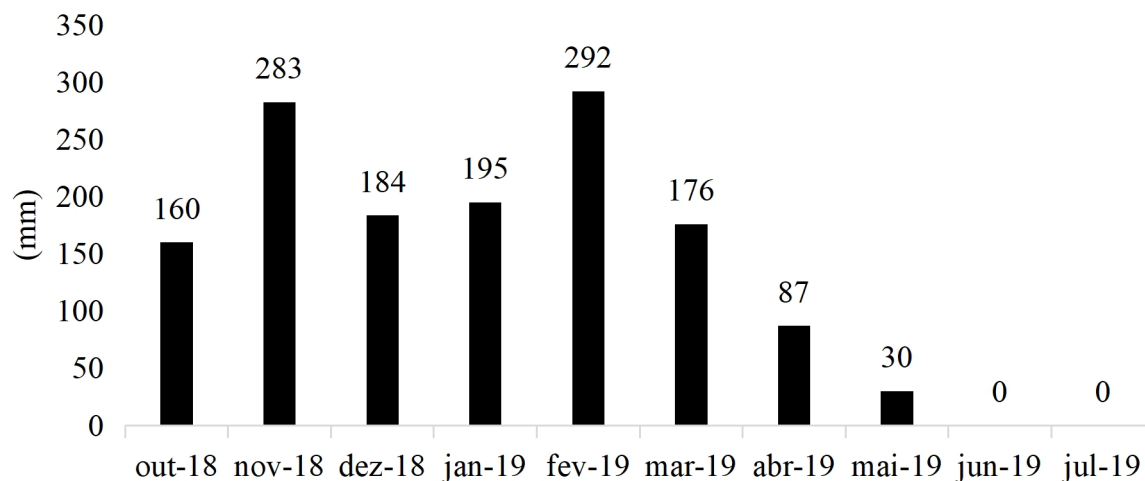


Figura 1. Valores médios de precipitação (mm) durante a condução dos experimentos. Rio Verde – GO, safra 2018/19 e segunda safra 2019.

A amostra de solo da área experimental foi coletada nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, antes da semeadura da soja, contendo as seguintes características físico-químicas, respectivamente: pH (CaCl₂): 5,40 e 5,10; Ca: 4,83 e 2,80; Mg: 1,61 e 0,77; Al: 0,00 e 0,06; H + Al: 3,30 e 3,40; K: 0,19 e 0,13; CTC: 9,95 e 7,10 em cmol_c dm⁻³; P: 16,40 e 4,00 mg dm⁻³; S: 2,00 e 4,90; B: 0,14 e 0,07 mg dm⁻³; Cu: 1,60 e 1,70; Fe: 24,75 e 23,90; Mn: 85,35 e 60,60; Zn: 2,15 e 0,90; Na: 2,45 e 3,90 em mg dm⁻³; matéria orgânica: 42,80 e 29,90; carbono orgânico: 24,85 e 17,30 em g dm⁻³; argila: 480 e 430; silte: 100 g dm⁻³ em ambas as profundidades; e areia: 420 e 470 g dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 5 + 2, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu a quatro fontes de B (ácido bórico - 17% de B, alta solubilidade; ulexita - 14,8% de B, baixa solubilidade;

octaborato de sódio - 21% de B, solubilidade intermediária; e tetraborato de sódio - 14,3% de B, solubilidade intermediária), pulverizadas ou aplicadas em cinco doses (0,5; 1,0; 2,0; 3,0; e 6,0 kg de B ha⁻¹) no dia da semeadura de soja (01 de novembro de 2018). Os dois tratamentos adicionais corresponderam à pulverização via solo complementada via foliar (1,0 kg ha⁻¹ de ácido bórico na semeadura + 103,7 g ha⁻¹ de monoetanolamina fracionada nos estádios V₄ - quatro trifólios desenvolvidos e R₁ - início do florescimento), que estrategicamente está dentro do manejo de inseticidas e fungicidas, além do tratamento controle, que correspondeu a ausência da aplicação de B.

As unidades experimentais foram compostas por oito linhas espaçadas de 0,5 m com 10,0 m de comprimento. A área útil foi obtida considerando as quatro linhas centrais, eliminando 1,0 m de cada extremidade, totalizando, portanto, 8,0 m².

Devido a menor solubilidade das fontes ulexita e tetraborato de sódio, a aplicação destas foi realizada à lanço manualmente, na superfície do solo um dia antes da semeadura, na qual, utilizando uma embalagem plástica para cada parcela, adicionando solo da área até completar dois quilogramas, para homogeneização do tratamento, podendo assim, ser aplicado em toda área da parcela, nos 40 m² manualmente, simulando aplicação a lanço de equipamentos agrícolas. Enquanto as fontes de maior solubilidade em água (ácido bórico e octaborato de sódio) foram aplicadas via pulverização na mesma época, utilizando o volume de água adequado para cada tratamento ou parcela de acordo com a diluição do mesmo. Para isto, empregou-se um pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra contendo seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, espaçadas de 0,5 m, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

O manejo de herbicidas da área experimental no cultivo da soja foi com glifosato (3 kg ha⁻¹), clorimuron etílico (0,05 ha⁻¹) e óleo mineral (0,5%) em pré-plantio e em pós-plantio utilizou-se s-metolacoloro (1,2 L ha⁻¹), fluasifope-p-butílico (0,5 L ha⁻¹) e óleo mineral (0,5%). O tratamento de sementes foi com: inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*), fungicida e inseticida de ação protetora (piraclostrobina), sistêmico (tiofanato metílico) e de contato e ingestão (fipronil). Para fungicidas e inseticidas foram feitas 4 pulverizações ao longo da cultura da soja, com diferentes princípios ativos de inseticidas (tiametoxam, acefato, lufenurom, acetamiprido, piriproxifem), fungicidas (trifloxistrobina, prothioconazol, azoxistrobina, benzovindiflupir, azoxistrobina, ciproconazol), protetores a base de cloro ou cobre e óleo mineral.

A adubação básica foi realizada a lanço antes da semeadura (18 de novembro de 2018), com o uso de 500 kg de superfosfato simples (20% P₂O₅, 16% Ca e 8% S) e 200 kg de

cloreto de potássio (60% K₂O). Foi empregada a cultivar de soja NS 6990 IPRO caracterizada por ter hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio e de grupo de maturação 7.4 para a microrregião em questão. Utilizou-se a quantidade de sementes que permitisse obtenção de população final de 240.000 mil plantas ha⁻¹, ou seja, 12 plantas por metro linear, que é a quantidade de plantas, que se obteve melhores resultados de acordo com os estudos internos do grupo Gapes na safra de 2017/18.

A cultura da soja, foi avaliada, na área útil das parcelas, aos 33 dias após a semeadura o teor de B foliar (coleta do terceiro trifólio do ápice da planta em direção ao solo em dez plantas quando as mesmas se encontravam no início do estágio de florescimento - R₁), com sete dias após a última aplicação do tratamento adicional com B foliar. Antes da colheita, foi quantificado ainda o número de vagens e grãos por planta (contagem do número de vagens e grãos em dez plantas contínuas quando as plantas estavam no estágio de completo enchimento de vagem – R₆). Logo em estágio R₉ (maturação plena) o peso de mil grãos e por fim a produtividade (colheita das plantas com debulha das vagens e posterior pesagem dos grãos e de mil grãos, respectivamente, ambos com correção da umidade para 13%).

Para avaliar o aproveitamento de B pelo cultivo em sucessão à soja, efetuou-se a implantação do milho, em cada parcela experimental, em 05 de março de 2019 logo após a colheita da soja, sem o uso de nenhuma fonte de B. Neste caso, foi empregado 200 kg ha⁻¹ do formulado 0-20-20 e 300 kg ha⁻¹ de ureia protegida com inibidor de uréase em cobertura quando as plantas estavam com três folhas completamente desenvolvidas (estádio V₃). O híbrido de milho utilizado foi o P3646 (convencional, precoce, com alta sanidade foliar, composto das tecnologias Yield Gard, Herculex e Liberty Link) com quantidade de sementes que permitisse obtenção de uma população de plantas final de 60.000 plantas ha⁻¹, ou seja, com 3 plantas por metro linear no espaçamento de 50 centímetros entre as linhas de semeadura. Em ambas as culturas, a semeadura foi realizada mecanicamente com semeadora de precisão. Para o manejo de plantas daninhas, utilizou-se o s-metolacoloro (1,2 L ha⁻¹) e glifosato (2 L ha⁻¹) no dia da semeadura e em pós-semeadura atrazina (2 L ha⁻¹). Para fungicidas (trifloxistrobina) e inseticidas (benzoato de emamectina, lufenurom, imidacloprido) foram feitas 3 pulverizações ao longo da cultura do milho e óleo mineral.

Na cultura do milho, efetuou-se, na área útil das parcelas no momento da colheita (estádio R₆), as determinações das alturas de plantas e de inserção da espiga (medição do colo até a extremidade do pendão e da inserção da espiga, respectivamente, em dez plantas contínuas); número de linhas, de fileiras e grãos por espiga (contagem do número de grãos por espiga em cinco espigas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela); peso de mil grãos

(pesagem de mil grãos com correção da umidade para 13%) e a produtividade de grãos (colheita das espigas com posterior debulha e pesagem dos grãos com correção da umidade para 13%).

Os dados de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância. Quando constatada significância, para determinada fonte de variação, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias das fontes de B e análise de regressão para comparação das médias das doses através do programa Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Na cultura da soja, os resultados obtidos permitiram constatar significância das fontes e doses, para o teor foliar de B e produtividade de grãos, bem como, significância da fonte de variação tratamento adicional x testemunha (Tabela 1). Para as demais variáveis, não foram constatados efeitos significativos das fontes de variação testadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de teor foliar de B (TB), número de grãos por planta (NG), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD) de soja, submetida a doses e fontes de B, safra 2018/19, Rio Verde – GO

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	TB	NG	PMG	PROD
BLOCOS	3	**	n/s	n/s	n/s
FONTE (F)	3	**	n/s	n/s	n/s
DOSE (D)	4	**	n/s	n/s	**
F X D	12	**	n/s	n/s	**
FAT X ADC + TEST	1	n/s	n/s	n/s	n/s
ADC X TEST	1	**	n/s	n/s	**
RESÍDUO	63	-	-	-	-
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		6,3	14,9	4,8	4,2

**, *, ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Em geral, o aumento das doses proporcionou incremento nos teores foliares de B na soja (Figura 2). No entanto, o teor foliar foi diferente entre as fontes estudadas. Houve acréscimo linear do teor de B na folha da soja com o aumento das doses.

Houve aumento dos teores de B com o incremento das doses (Figura 2), o que pode estar relacionado ao tempo que o nutriente está disponível para as plantas. Para corroborar com esses resultados, o baixo teor no solo (0,14 e 0,07 mg dm⁻³), estando em condições de

deficiência (Sousa e Lobato, 2004), contribuiu para o aumento linear do teor foliar, com o aumento das doses. É importante ressaltar, que com menor adsorção de B no solo, o aumento nos teores são constatados até doses de 7,5 kg ha⁻¹ (ROSOLEN et al., 2008).

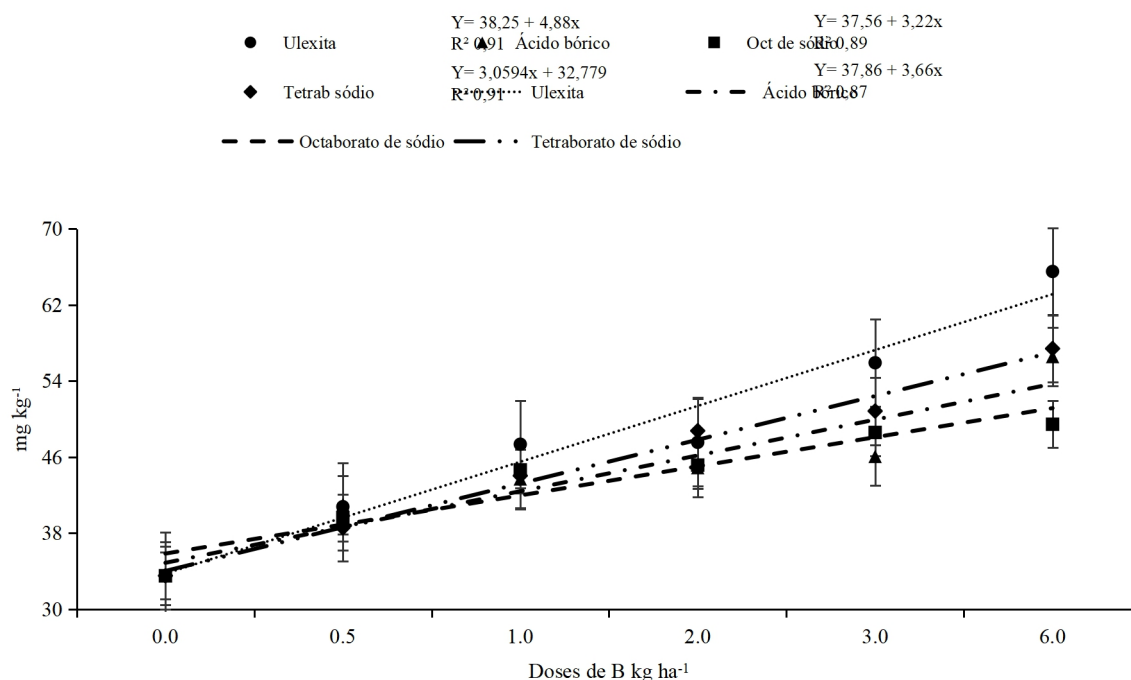


Figura 2. Teor de B foliar em função das fontes e doses de boro na cultura da soja (tratamento adicional 62,95 mg kg⁻¹), safra 2018/19, Rio Verde – GO.

A fonte insolúvel ulexita proporcionou maiores teores, em relação a fonte de solubilidade intermediária (octaborato de sódio), demonstrando a importância de B estar disponível, durante todo o ciclo da cultura. Além disto, o tratamento adicional proporcionou maior teor de B em relação à testemunha e aos tratamentos numericamente. Ressalta-se que este tratamento foi composto pelo parcelamento da aplicação de B antes da semeadura da soja, além da aplicação no estágio vegetativo (V₄) e no início do reprodutivo (R₁). Estas aplicações coincidem com o manejo fitossanitário da cultura, como as aplicações de inseticidas e fungicidas, respectivamente. Isto proporcionaria uma economia ao produtor, visto que não teria a necessidade de realizar uma operação adicional para aplicar o B na cultura da soja.

A resposta positiva ao parcelamento no aumento dos teores foliares, como observada no tratamento adicional, está relacionada ao fato do elemento em questão ser imóvel no floema (MARSCHNER, 1995). Isto comprova a necessidade do manejo nutricional de B desde a implantação da soja em condições de baixa disponibilidade no solo (FANCELLI, 2008).

A disponibilidade de B no solo está também relacionada à pluviometria. No experimento, o volume de chuvas mensal foi maior que 150 mm (Figura 1). Em princípio, sendo considerado que, a distribuição de chuvas foi adequada, durante o desenvolvimento da soja, exceto em janeiro, no qual foi registrado um período de veranico de oito dias. Isto influenciou a absorção de B pela soja, visto que as plantas estavam em pleno enchimento de grãos. Estes argumentos corroboram aos de Silva et al. (2017), os quais identificaram que as características avaliadas foram influenciadas, pelo índice pluviométrico e pela capacidade de retenção de água no solo. Quando este índice esteve abaixo de 50%, as plantas não responderam a adubação de B e quando acima de 70%, as plantas responderam linearmente, para teor de B e aumentos de massa seca de parte aérea e raiz, além do número de vagens por planta.

O aumento das doses de B proporcionou incrementos na produtividade de grãos quando a soja foi cultivada em condições de deficiência do elemento no solo. As fontes ulexita e octaborato de sódio proporcionaram aumento linear para produtividade de grãos com o aumento das doses (Figura 3), produtividade próxima a 5.000 kg ha⁻¹, enquanto a média brasileira é de 3.362 kg ha⁻¹(CONAB, 2019), sinalizando que o manejo nutricional pode influenciar na produção de soja no Brasil.

Já para o ácido bórico e tetraborato de sódio, aumentos foram constatados até as doses de 3,78 e 3,40 kg ha⁻¹ B (ponto de máxima eficiência técnica, PMET: $x = (-b) / (2c)$), com produtividades de 4.894 e 4.891 kg ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes também foram constatados por Gomes et al. (2017), o qual, o ácido bórico, considerado como solúvel, proporcionou produtividade até a dose de 3,51 kg ha⁻¹, tendo efeito tóxico em doses superiores.

Qual foi a produtividade obtida na testemunha? Esta informação é relevante para ver se realmente a adubação com B foi eficiente em promover acréscimo de produtividade da soja. Além disso, faz-se necessário apresentar os dados do tratamento em que o B foi adicionado no solo e em pulverização foliar. Estes dois tratamentos foram significativos quando confrontados com a fatorial.

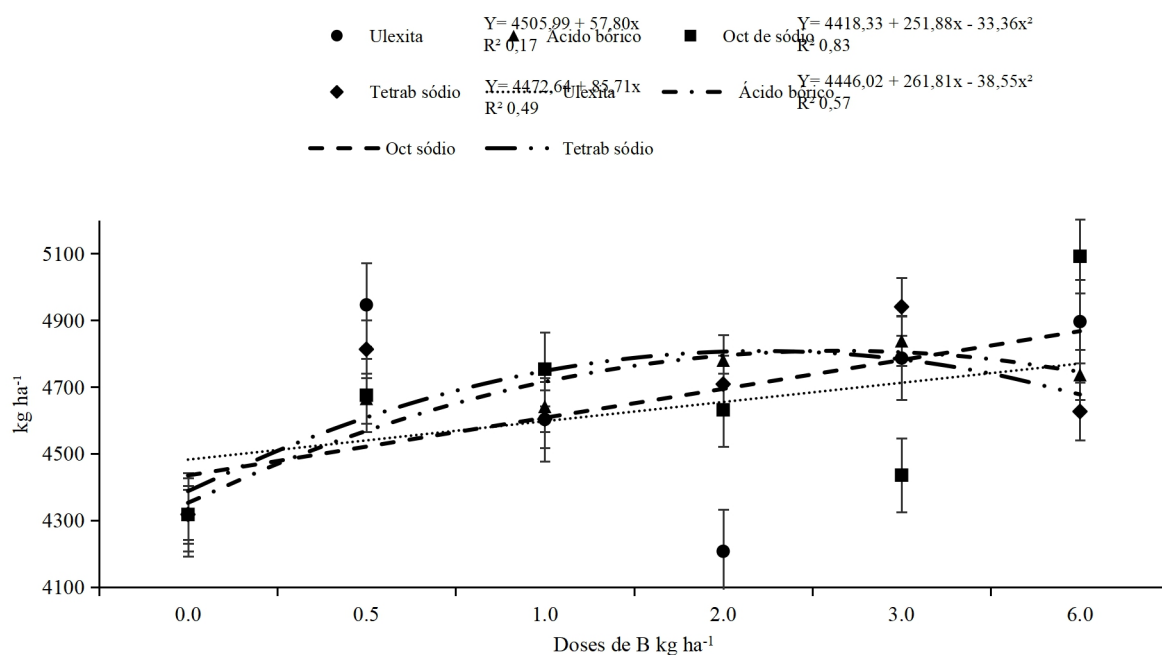


Figura 3. Produtividade de grãos em função das fontes e doses de B na cultura da soja (tratamento adicional 4.907 kg ha⁻¹), safra 2018/19, Rio Verde - GO.

O tratamento adicional (1,0 kg ha⁻¹ de ácido bórico na semeadura + 103,7 g ha⁻¹ de monoetanolamina fracionada nos estádios V₄ - quatro trifólios desenvolvidos e R₁ - início do florescimento) proporcionou maior produtividade de grãos em relação à testemunha. Outros trabalhos de pesquisa têm destacado a necessidade de aplicação via solo e foliar, desde os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, quando o intuito é aumentar a produtividade de grãos da soja (MACEDO et al. 2002; SILVA et al., 2006; KAPPES et al., 2008; CALONEGO et al. 2010). Em geral, no Brasil, que apresenta solos com baixo teor de B, a produtividade de grãos da soja, demonstra a importância da adubação borácica, de acordo com as doses e fontes (KHURANA, 2012; BARDHAN et al., 2017).

O intuito de se utilizar maiores doses de B é o de proporcionar efeito residual, para as culturas em sucessão, visto que nos cerrados o cultivo de milho em sucessão à soja é predominante na maior parte das áreas produtoras de grãos. No experimento, observou-se que as fontes de B influenciaram apenas na produtividade de grãos do milho, sem efeito de doses e fontes para as demais variáveis (Tabela 4). Apesar de não ter sido constatada deficiência nutricional em nenhum dos tratamentos, no qual em casos extremos as folhas novas ficam retorcidas e quebradiças (MOZAFAR, 2008), a adubação de B na soja contribuiu para aumentos de produtividade no milho cultivado em sucessão.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características de altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (INS ESP), número de grãos por planta (NGE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD) de milho safrinha em função de doses e fontes de B, Rio Verde – GO

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	AP	INS ESP	NGE	PMG	PROD
BLOCOS	3	**	*	n/s	*	*
FONTE (F)	3	n/s	n/s	n/s	n/s	*
DOSE (D)	4	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
F X D	12	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
FAT X ADC + TEST	1	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
ADC X TEST	1	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
RESÍDUO	63					
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)		2,9	2,7	4,8	9,6	9,7

**, *, ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Diante disto, pode-se constatar, em média, que o ácido bórico (9.030 kg ha^{-1}) proporcionou produtividade de grãos 10% superior em relação à fonte ulexita (8.953 kg ha^{-1}) e de 9% relação à testemunha (9.029 kg ha^{-1} , Tabela 4). Devido a sua maior solubilidade, o ácido bórico, em teoria deveria apresentar a menor produtividade, pois, sem efeito residual, no entanto o efeito foi contrário, a ulexita que oferece esta característica, proporcionou baixa produtividade no milho.

Tabela 3. Valores médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de doses e fontes de B na cultura da soja, safra 2018/19, Rio Verde – GO

FONTES	0,5	1,0	2,0	3,0	6,0	Médias
Ácido bórico	10.126	8.855	10.059	10.786	9.326	9.830 a
Ulexita	8.757	8.877	8.902	8.903	9.326	8.953 b
Octaborato sódio	8.552	9.291	10.445	9.750	9.981	9.604 ab
Tetraborato sódio	8.398	9.654	9.312	8.892	9.333	9.118 ab
Médias	8.958	9.169	9.680	9.583	9.491	-
Adicional		8.641	Testemunha	9.029	-	-

Média seguida da mesma letra na coluna, não difere entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *¹ diferença entre tratamento adicional e testemunha.

Os tratamentos não influenciaram a altura de plantas e de inserção da espiga, bem como os componentes de produtividade (número de grãos por espiga e peso de mil grãos) do milho (Tabela 3). O manejo da adubação de sistemas, no tocante o elemento B, deve levar em consideração a solubilidade das fontes a serem utilizadas. No experimento, pode-se notar que a maior solubilidade do ácido bórico proporcionou efeitos benéficos para a espécie cultivada em sucessão, como destacado por Raij (2017). A importância do elemento na formação dos grãos é ressaltada também por Fancelli (2010). Em condições de deficiência o

desenvolvimento do tubo polínico é prejudicado (PRADO, 2008), o que afeta diretamente a formação dos grãos.

É importante ressaltar que maiores doses de B, como as de 3,0 e 6,0 kg ha⁻¹, não apresentaram efeito residual que proporcionasse aumento de produtividade de grãos na cultura do milho, como era esperado, o que pode estar relacionado às condições climáticas deste ano safra (Tabela 1), observa-se altos índices pluviométricos. Além disto, as maiores doses não proporcionaram fitotoxidez do elemento no milho e principalmente na cultura da soja. Isto pode estar relacionado ao baixo teor do elemento no solo, haja vista que algumas variáveis tiveram acréscimos lineares em seus valores com o aumento de dose de B na soja (Figura 2 e 3).

Como visto, a soja e o milho cultivados em condições de baixa disponibilidade de B responde diferentemente quanto as fontes utilizadas. Quando se emprega apenas o cultivo de uma cultura na safra (soja), os resultados obtidos levam a crer que o uso da fonte - octaborato de sódio - na dose de 6,0 kg ha⁻¹, proporcionará a maior produtividade de grãos do experimento (Figura 2). Já quando semeado o milho após a colheita da soja, é interessante que uma fonte considerada como solúvel (alto poder de lixiviação), como o ácido bórico, responda com produtividade superior à fonte de baixa solubilidade (ulexita, Tabela 4).

Quando se trata de manejo de adubação, em condições de sucessão de culturas, é necessário a análise do solo para verificar a disponibilidade dos elementos para o cultivo das culturas. Experimentos de validação da adubação com micronutrientes em diferentes safras são necessários desde que os tratamentos sejam alocados nas mesmas parcelas, o que dificulta tecnicamente a implantação quando trabalhos desta natureza são conduzidos a campo seguindo um rigoroso delineamento estatístico.

Por tudo isto apresentado, pode-se constatar que a produtividade de grãos para as culturas avaliadas, em esquema de sucessão de culturas, foram influenciadas pelas fontes e doses utilizadas, e principalmente a de ácido bórico. As diferenças na solubilidade influenciaram na constatação de diferenças significativas em determinados caracteres agrônômicos da cultura da soja e na produtividade de grãos do milho em sucessão.

5 CONCLUSÕES

- Para todas as fontes utilizadas houve ganhos em produtividade com a variação das doses;
- As fontes solúveis responderam como as fontes de menor solubilidade;
- O manejo tradicional da região proporcionou produtividades próximas as máximas obtidas.

REFERÊNCIAS

- BARDHAN, S.; CHATTOPADHYAY, A. K.; JOSE, S.; CHANDRASOMA, J. Impact of boron additions in marginal soils for growth of corn, wheat, soybean, and switchgrass. **International Journal of Current, Agricultural Sciences**, vol. 7, n. 1, p. 155-159, 2017.
- CALONEGO, J. C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C. H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 2, p. 20-26, 2010.
- CIRAK, C.; ODABAS, M. S.; KEVSEROGLU, K.; KARACA, E.; GULUMSER, A. Response of soybean (*Glycine max*) to soil and foliar applied boron at different rates. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 76, n. 10, p. 603-606, 2006.
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação de milho**. Sete Lagoas-MG: Embrapa, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 78).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília, v. 7, p. 1-100, 2019.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In.: FERNANDES, M.S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 14. p. 355-375.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2009 e 2010**. Londrina-PR: Embrapa soja, 2008. 261p. (Sistema de produção, 13).
- FANCELLI, A. L. **Milho: Nutrição e Adubação**. Piracicaba – SP: FEALQ, 2008. 212 p.
- FANCELLI, A.L. **Boas práticas para o uso de fertilizantes na cultura do milho**. IPNI - Informações Agrônômicas, v. 131, p. 1-15, 2010.

- FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. **Exigência a boro em cultivares de soja**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas – SP, 2001, v. 25, n. 4, p. 929-937.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In.: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Cap. 2, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 40-75, 2004.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras – MG, 2001: UFLA/FAEPE, p. 252.
- GOMES, I. S.; BENETT, C. G. S.; SILVA JUNIOR, R. L.; XAVIER, E. C.; BENETT, K. S. S.; SILVA, A. R.; CONEGLIAN, A. **Boron fertilisation at different phenological stages of soybean**. Australian Journal of Crop Science, 2017, p. 1026-1027.
- KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. **Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja**. Scientia Agrária, 2008. v. 9, n. 3, p. 291-297.
- KHURANA, M. P. S.; SANJAY, A. **Comparative efficiency of borax and granubor as boron fertilizers for lentil and soybean grown on alluvial alkaline soils**. Journal of Plant Nutrition, 2012. v. 35, n. 14, p. 2145-2155.
- MACEDO, F. B.; TEIXEIRA, N. T.; LIMA, A. M.; BERNARDES, C. R.; FREITAS, D. J. B.; OLIVEIRA, R. F. **Boro no Plantio e Cálcio e Boro em Adubação Foliar na Produção da Soja**. Revista Ecosistema. Cosmópolis – SP, 2002, v. 27, p. 87-89.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. P. 638.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. p. 233-248.
- MOZAFAR, A. **Effect of boron on ear formation and yield components of two maize (Zea mays L.) hybrids**. Journal of Plant Nutrition, 2008. v. 10, n. 3, p. 319-332.
- NIAZ, A.; IBRAHIM, M.; NISAR, A.; ANWAR, S. A. **Boron contents of light and medium textured soils and cotton plants**. International Journal of Agricultural Biol, 2002. v. 4: p 534–536.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo; Editora Unesp, 2008. p. 407.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2º ed. International Plant Nutrition Institute – Brasil – IPNI, Piracicaba-SP, 2017. p. 283.
- ROSOLEN, A. A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. **Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2008. v.32, p. 2375-2383.

SAHIN, S. **Effect of boron fertilizer applications on the growth and B, N uptake of maize (Zea mays L.) under the different soils.** Journal of Food, Agriculture & Environment, 2014. v. 12, n. 2, p. 1323-1327.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja: Descrição dos sintomas e ilustração com fotos.** Embrapa soja. Documentos 231. Londrina-PR, 2004. p. 37.

SHAFIQ, M.; RANJHA, A. M.; YASEEN, M.; MEHDI, S. M.; HANNAN, A. **Comparison of freundlich and Langmuir adsorption equations for boron adsorption on calcareous soils.** Journal of Agricultural Research, 2008, v. 46, p. 141-148.

SHIREEN, F.; NAWAZ, M. A.; CHEN, C.; ZHANG, O.; ZHENG, Z.; SOHAIL, H.; SUN, J.; CAO, H.; HUANG, Y.; BIE, Z. **Boron: Functions and Approaches to Enhance Its Availability in Plants for Sustainable Agriculture.** International Journal Molecular Sciences, 2018. v 19 (7), p. 1856.

SILVA, R. C. D.; JUNIOR, G. S. S.; SILVA, C. S.; SANTOS, C. T. PELÁ, A. **Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo.** Revista Scientia Agraria, AS, Curitiba-PR, 2017. v. 18, n. 4, p. 155-165.

SILVA GOMES, I.; BENETT, C. G. S. **Boron fertilisation at different phenological stages of soybean.** Australian Journal of Crop Science, 2017, v. 11, n. 8, p. 1026-1032.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data.** African Journal of Agricultural Research, 2016. v. 11, n. 39, p. 3733-3740.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; BÍSCARO, T.; LEMOS, L. B. **Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro.** Ver Científica, 2006. v. 34, p. 46-52.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação.** Embrapa, informação tecnológica, 2ª ed. Brasília-DF, 2004. p.220-395.

SOUZA, E. S.; ROMAN, M. S. **Adubação foliar com boro em diferentes estádios fenológicos da soja.** Dourados-MS, 2018. p. 13-16.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; CARVALHO, M. A. C.; SIMIDU, H. M. **Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, Silvânia – MS, 2008. v. 8, n. 2, p. 43.

YAMADA, T. **Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Informações agronômicas. Piracicaba-SP, 2000. n. 90, p. 5.

YAMAGISHI, M.; YAMAMOTO, Y. **Effects of boron on nodule development and symbiotic nitrogen fixation in soybean plants.** Soil Science and Plant Nutrition, Tokyo, 1994. v. 40, v. 2, p. 265-274.