

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA NUTRIÇÃO E
NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

João Vitor Lacerda Buzatto

CHAPADÃO DO SUL -
MS2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA NUTRIÇÃO E
NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado a
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos
Coorientadora: Me. Marcia Leticia Monteiro Gomes
Coorientador: Dr. Thadeu Rodrigues de Melo

CHAPADÃO DO SUL -
MS2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **JOÃO VITOR LACERDA BUZATTO.**

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

Presidente da Banca
Examinadora e Orientador

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Membro da Banca Examinadora

Prof. Dr. Rafael Ferreira Barreto

Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 07 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Cid Naudi Silva Campos, Professor do Magisterio Superior**, em 07/06/2023, às 14:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Ferreira Barreto, Professor do Magisterio Superior**, em 07/06/2023, às 14:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 07/06/2023, às 14:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4118004** e o código CRC **FE361192**.

**COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE
CHAPADÃO DO SUL**

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105,

Caixa Postal 112 Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000363/2023-05

DEDICATÓRIA

A Deus por sempre me dar forças e a minha família e que sempre apoiou e acreditou no meu potencial

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre atender os meus pedidos, e me dar forças para permanecer paciente e calmo perante as dificuldades e adversidades dessa caminhada. Aos meus pais, Telma e Moises por me dar todo o suporte, e o apoio que precisei para chegar até aqui. Minha irmã, Mariana, por estar sempre presente em todos os momentos. A minha namorada, Ana Júlia, por me apoiar nos momentos de dificuldade. Ao meu orientador Cid Naudi Silva Campos e ao coorientador Thadeu Rodrigues de Melo, por me ajudar no desenvolvimento do estudo, sendo sempre solícitos. À minha coorientadora Marcia Leticia Monteiro Gomes, por me auxiliar na escrita do trabalho.

À Fundação Chapadão por me abrir as portas para o desenvolvimento da pesquisa e do meu estágio.

Aos meus amigos e colegas que me ajudaram a desenvolver essa pesquisa, com o apoio emocional, com dicas e sugestões de melhoria. E pôr fim a Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, por me dar o suporte para a formação como agrônomo.

EPÍGRAFE

**Porque aos seus anjos dará ordem a teu respeito, para te guardarem em todos os
teus caminhos. (Salmos 91:11)**

LISTA DE FIGURAS

	Página
01. Figura 1: Valores de precipitação pluvial (mm) e temperaturas (°C) mensais durante o período de condução do experimento na safra de 2022/2023 para cultura da soja.....	3
02. Figura 2: Teor de boro foliar (mg kg^{-1}) em função das doses de boro aplicadas no solo (kg ha^{-1})	6
03. Figura 3: Teor de boro no solo (mg dm^{-3}) em função das doses de boro aplicadas no solo (kg ha^{-1})	8
04. Figura 4: Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) em função das doses de boro aplicadas no solo (kg ha^{-1})	9

LISTA DE TABELA

	Página
01. Tabela 01: Caracterização do solo da área experimental.	4

SUMÁRIO

	Página
Resumo	xi
Palavras-chave	xi
Abstract.....	xii
Keyword	xii
Introdução.....	1
Material e Métodos	2
Tratamentos e delineamento experimental.....	4
Instalação do experimento e aplicação dos tratamentos.....	4
Manejo fitossanitário e de plantas daninhas	5
Diagnose foliar	5
Colheita e avaliação da produtividade	6
Análise estatística.....	6
Resultados e Discussão	7
Conclusão	9
Referências Bibliográficas	10

EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA

Resumo - A soja (*Glycine max*) é uma das culturas mais produzidas no Brasil por sua grande produtividade é acompanhada de grandes exigências nutricionais. O boro (B) é considerado um micronutriente e possui uma faixa estreita entre a quantidade para atender às necessidades nutricionais da planta e a quantidade que pode causar toxicidade, sendo assim a adubação boratada deve ser adequada, evitando causar estresses por desordem nutricional. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de B no solo em plantas de soja, para determinar se este nutriente promove o aumento da produtividade de grãos, devido à melhoria na nutrição das plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por 5 doses (0; 1,5; 3; 4,5; 6 kg ha⁻¹) de B, para tanto, utilizou-se da fonte de ácido bórico. Foram realizadas análises de boro foliar, boro no solo e produtividade de grãos a fim de melhorar a produção através da suplementação do micronutriente no solo. Conforme indicado no estudo a produtividade máxima de grãos se deu quando a dosagem de 3,5 kg ha⁻¹, além de que, os resultados mostraram que com uma dosagem excessiva o boro se torna tóxico a planta e faz com que diminua a produtividade quando teor de boro foliar ultrapassa 83 mg kg⁻¹ observados nas dosagens maiores que 4,5 kg ha⁻¹ de B aplicados no solo.

Palavra-chave: *Glycine max*, micronutriente, nutrição de plantas, ácido bórico

EFFECT OF BORON APPLICATION ON SOYBEAN NUTRITION AND PRODUCTIVITY

Abstract – Soybean (*Glycine max*) is one of the most produced crops in Brasil due to its high productivity and high nutritional requirements. Boron (B) is considered a micronutrient and has a narrow range between the amount to meet the nutritional needs of the plant and the amount that can cause toxicity, so the boron fertilization must be adequate, avoiding causing stress due to nutritional disorder. This study aimed to evaluate the effect of soil application of B doses in soybean plants, to determine whether this nutrient promotes increased grain production, due to improved plant nutrition. The treatments consisted of 5 doses (0; 1,5; 3; 4,5; 6 kg ha⁻¹) of boron, for which, the source of boric acid was used. Analyses of leaf boron, soil boron and grain yield were carried out in order to improve production through micronutrient supplementation in the soil. As indicated in the study, the maximum grain production occurred when the dosage was close to 3,5 kg ha⁻¹, in addition to that, the results showed that with an excessive dosage, boron becomes toxic to the plant causing productivity to return to fall when the foliar boron concentration exceeds the of 83 mg kg⁻¹ observed in dosages greater than 4,5 kg ha⁻¹.

Keyword: *Glycine max*, micronutrient, plant nutrition., boric acid

Introdução

A soja (*Glycine max*) é uma das principais commodities produzidas no Brasil, sendo assim, existe grande preocupação no aumento da produtividade e na qualidade dos grãos dessa cultura. A nutrição mineral é um dos aspectos mais importante para uma cultura, garantindo assim altas produtividades. Segundo a lei do mínimo, “O rendimento de uma colheita é limitado pela ausência de qualquer um dos nutrientes, mesmo que todos os demais estejam disponíveis em quantidades adequadas, onde o excesso de um nutriente não supre a falta de outro”. (LIEBIG, 1841).

O boro (B) oferece vários benefícios sob diferentes condições de produção agrícola, tais benefícios incluem a influência na absorção de outros elementos nutricionais para as plantas, melhora a eficiência no uso da água, além de contribuir com a sanidade do vegetal (DIMKPA et al., 2019). A preocupação com esse elemento é ainda maior em solos arenosos e pobres em matéria orgânica. Por isso, a suplementação de B se faz necessário durante o desenvolvimento da cultura da soja, para evitar a deficiência do nutriente, a fim de garantir uma maior produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 1996).

O B participa de vários processos bioquímicos e fisiológicos, como no transporte de açúcares, respiração celular, lignificação, metabolismo de carboidratos, metabolismo de ácido indolacético (AIA), metabolismo de RNA, metabolismo fenólico, além de ter função no desenvolvimento de órgãos reprodutivos, síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (DUPAS, 2012; LIMA et al., 2013; FAROOQ et al., 2018).

Além disso o B está diretamente envolvido na produção vegetal, atuando na estrutura e funcionamento das membranas, formação de parede celular, regulação enzimática, síntese e transporte de carboidratos e proteínas (RODRIGUES et al., 2019). Portanto, plantas que carecem desse micronutriente podem apresentar alterações na estrutura celular de órgãos como as sementes. Esse elemento é componente necessário para a formação da lignina, que interfere na qualidade das sementes, bem como na germinação, na suscetibilidade a quebra de tegumento, na rigidez, na permeabilidade a água e na resistência a deterioração (BELLALLOUI et al., 2017).

Por ser um micronutriente cuja deficiência ocorre de forma mais generalizada nas áreas do cerrado, o incentivo ao aumento da produção agrícola requer um manejo preciso e eficiente da adubação boratada (ABISOLO, 2018). Em estudo a resposta de 19 cultivares de soja Rerkasem et al. (1997) observou que a deficiência em B é responsável

pela queda na produtividade na ordem de 30 a 60%, quando comparada ao tratamento com adubação com boro. Atribuído a esse fato a adubação deste micronutriente deve ser cuidadosa, pois a faixa entre a deficiência e a toxicidade é estreita (DECHEN & NACHTIGALL, 2006).

Portanto, surge a necessidade de avaliar qual a melhor dose de B aplicado via solo, utilizando como fonte o ácido bórico para a cultura da soja. Neste sentido, a hipótese desse trabalho é que a dose de B adequada para cultivar moderna de soja em sistema de alta produtividade, que para região da pesquisa é maior que 3900 kg ha⁻¹, deva ser maior que a dose atualmente recomendada que é de 2 kg ha⁻¹.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de B no solo em plantas de soja, para determinar se este nutriente promove o aumento da produtividade de grãos, devido à melhoria na nutrição das plantas.

Material e Métodos

Localização da área experimental e caracterização climática

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Minuano, no município de Chapadão do Sul-MS, com coordenadas geográficas de ‘-18.732487774015773° de latitude, -52.5151520379352° O de longitude e com altitude média de 804 metros, na safra de 2022/2023 com a cultura da soja.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo tropical úmido (AW), com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As informações climáticas, referentes às médias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluviométrica durante todo período experimental estão demonstradas na Figura 1. Durante o experimento, a temperatura média foi de 23,6 °C. A precipitação mínima foi de 0,2 mm e a máxima de 122,8 mm com total de 1.403,8 mm distribuídos em 105 dias de chuvas (Figura 1), quantidade acima da necessária para o adequado desenvolvimento da soja, pois a exigência hídrica dessa cultura varia entre 450 a 800 mm (Manual de segurança e qualidade da cultura da soja - EMBRAPA, 2005).

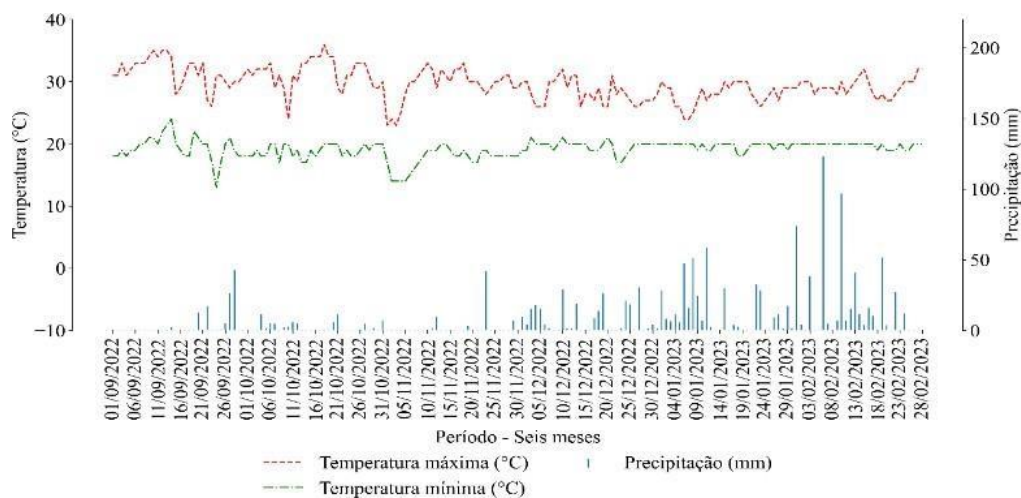


Figura 1. Valores de precipitação pluvial (mm) e temperaturas (°C) mensais durante o período de condução do experimento na safra de 2022/2023 para cultura da soja. Chapadão do Sul, MS. Fonte: AMPASUL.

Solo da área experimental e características químicas

Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem do solo na camada de 0-0,20 e 0-0,40 m de profundidade e em seguida, procedeu-se à análise química para fins de fertilidade. Na determinação das características químicas, obteve-se os valores mostrados na Tabela 1. O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo vermelho com textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

Tabela 1. Caracterização do solo do experimento. Fundação Chapadão, Chapadão do Sul, MS, 2023.

Atributo	Unidade	Profundidade	
		0-0,20 m	0,20-0,40 m
Argila	g kg ⁻¹	570	570
Silte	g kg ⁻¹	50	50
Areia	g kg ⁻¹	380	380
Mat. Org.	g dm ⁻³	28,50	25,10
P	mg dm ⁻³	29,20	19,20
S	mg dm ⁻³	20,90	25,60
Ph	-log (mol l ⁻¹)	4,80	4,70
CTC	cmol _c dm ⁻³	10,10	8,92
Sat. Bases	%	39,60	32,70
H+Al	cmol _c dm ⁻³	6,10	6,00
Al	cmol _c dm ⁻³	0,16	0,23
Ca	cmol _c dm ⁻³	2,70	1,90
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,00	0,70
K	cmol _c dm ⁻³	0,30	0,32
B	mg dm ⁻³	0,22	0,22
Cu	mg dm ⁻³	1,10	1,00
Fe	mg dm ⁻³	50,00	79,00
Mn	mg dm ⁻³	11,00	7,90
Zn	mg dm ⁻³	4,30	3,40

Argila, silte e areia determinados por densímetro após dispersão física e química com agitação e NaOH (0,1 mol l⁻¹). Mat. Org.: Matéria orgânica oxidada com dicromato de sódio. P: Fósforo extraído com resida trocadora de íons. S: Enxofre obtido com acetato de amônio. pH determinado após equilíbrio com solução salina de CaCl₂ (0,01 mol l⁻¹). CTC: capacidade de troca de cátions potencial. Sat. Bases: saturação por bases. H+Al: Acidez potencial estimada após equilíbrio potenciométrico com solução tampão SMP. Al, Ca, Mg e K: Alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis extraídos por solução NH₄Cl (1 mol l⁻¹). B: Boro extraído com água quente. Cu, Fe, Mn, Zn: Cobre, ferro, manganês e zinco extraídos por solução Mehlich-1.

Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com fatorial único com 5 doses de boro (0,0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 kg ha⁻¹) aplicadas via solo, com 4 repetições totalizando 20 parcelas. As parcelas foram compostas por 5 linhas de 0,45 m por 5,5 m de comprimento sendo a área útil constituída pelas três linhas centrais, descartando 1,0 m de cada lado nas bordaduras.

Instalação do experimento e aplicação dos tratamentos

O híbrido utilizado foi a cultivar DM 73I75 IPRO de ciclo tardio com duração média de 110 a 115 dias recomendado para a região centro oeste, por possuir adaptação ao microclima da região, além de possuir resistência a nematoides. A semeadura foi realizada em 13 de outubro de 2022, e as sementes foram tratadas o inoculante da masterfix, que contém alta concentração de nitrogênio, e o fungicida e inseticida utilizado foi o standak top 50 kg ha⁻¹ (100 mL ha⁻¹), além de ser usado Enervig leg como fonte de cobalto e molibdênio.

A adubação foi feita com a distribuição de 200 kg ha⁻¹ de KCl (00-00-60) em superfície antes da semeadura. Aplicação de 150 kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00) no sulco de semeadura. E ainda 10 dias antes do plantio foi padronizado uma dose de 5700 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio nas parcelas avaliadas, com intuito de melhoramento do perfil de solo.

Manejo fitossanitário e de plantas daninhas

Para o manejo de plantas daninhas foram feitas duas dessecações na área, sendo a primeira 15 dias antes da emergência com Glifosato Wg, Heat,2,4D e Cletorin. A segunda desseca foi feita 3 dias antes da emergência com Dual Gold, Glufosinato e Cletodin, mesmo herbicidas que foram usados na aplicação pré emergência. Após a emergência foi feita a última aplicação de herbicida sendo usados Select e Glifosato Wg, sendo realizada 30 dias da emergência.

O manejo fitossanitário foi feito em 6 aplicações, a primeira de inseticida foi realizada 9 dias após a emergência com foco no combate do cascudinho (*Myochrous armatus*) sendo usado Perito 970 (1Kg ha⁻¹) e Capataz (1,2 L ha⁻¹). As outras 5 aplicações foram divididas em ciclo de 14 dias tendo início 44 dias após a emergência com a primeira aplicação sendo usado Galil (0,4L); a segunda Avatar (0,4L) e Perito (0,8L); a terceira Mospilan (0,2Kg); a quarta Avatar (0,4L), Galil (0,4L), Ochima (0,15 L) e Fighter (0,1 L); e a quinta com Perito 970 (1 Kg ha⁻¹), Mess (0,1L) e Fihgter (50ml).

Além do manejo de fitossanitário com inseticida houve a condução antifúngica com 4 aplicações de fungicida divididas em ciclos de 14 dias, sendo a primeira aplicação 44 dias após a emergência. Na primeira aplicação foi usado Mitrion (0,5) e Bravonil (1L); a segunda com Fox Xpro (0,5L), Unizeb(1,5Kg) e Aureo (0,25%); a terceira e quarta aplicação foi usado Cypress (0,3L) e Bravonil (1,5L).

Diagnose foliar

Para determinar o teor de B nas folhas foram coletadas as folhas diagnose, sendo determinada como o 3º trifólio com pecíolo de cada planta, que foi realizada em R2. Posteriormente, as amostras foram lavadas e moídas em moinho tipo Willey. Foi pesada a amostra do material e realizado a digestão seca em mufla à 600°C por quatro horas, sendo a determinação de boro estabelecida por espectrofotometria com azometina-H, segundo metodologia descrita em (SILVA. 2009).

Análise de solo

Foram realizadas as amostragens de solo para determinação do teor de B, as coletas foram realizadas, sendo a primeira antes da instalação do experimento e a segunda após a colheita das parcelas, com auxílio de um trado holandês. Em cada parcela foram retiradas três subamostras da camada superficial do solo (0 - 0,2 m), que foram misturadas formando uma amostra composta. Para avaliar o teor de B no solo, foi utilizado o método extrator com água quente, proposto por Bataglia e Rajj (1990).

Colheita e avaliação da produtividade

No final do ciclo da soja, foi realizada a avaliação de produtividade de grãos por meio da colheita e trilha da área útil de cada parcela. Para calcular a produtividade após a trilha, o teor de umidade dos grãos foi corrigido para 13%, efetuando também os descontos das impurezas, sendo o resultado expresso em kg ha⁻¹.

A área útil de colheita foi padronizada com as 3 linhas centrais das parcelas com 4 metros de cada linha, totalizando 12 metros, que chegaram a uma média de 13,8 plantas m⁻¹, em estandes iniciais as avaliações indicaram média de 15 plantas m⁻¹, avaliações essas feitas nas mesmas linhas da área útil de colheita. Das análises de produtividade foi aferida a umidade, o peso de 100 grãos e o peso total da amostra colhida afim de obter a produtividade das parcelas dos experimentos

Análise estatística

Os dados foram submetidos a verificação da normalidade dos dados (Teste W de Shapiro-Wilk), e a análise de variância (ANOVA). Sendo analisado pelo programa estatístico Rbio (BHERING, 2017). As variáveis significativas submetidas a regressão em nível de 0,05% de probabilidade e plotando os gráficos.

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de regressão a variável boro foliar (figura 2) apresentou ajuste linear, e a partir do aumento das doses de boro também foi aumentando a concentração de boro nas folhas de soja. A absorção gradativa do nutriente revela a importância para a cultura, uma vez que o padrão encontrado no solo antes da aplicação era baixo, apesar de não apresentar sintomas visíveis de deficiência a soja da área experimental.

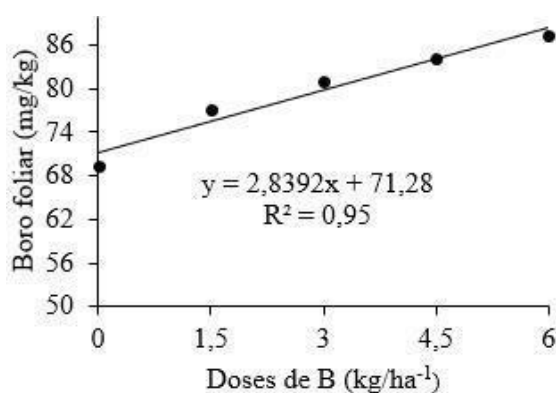


Figura 2. Teor de boro foliar (mg kg⁻¹) em função das doses de B aplicadas no solo (kg ha⁻¹).

No estudo de Furlani et al. (2001), as cultivares de soja começam a sofrer problemas de toxicidade, quando possuem teores de boro foliar na ordem de 83 mg kg⁻¹. A validação desse estudo é conferida, uma vez que, a uma escalada nos dados de produtividade até o momento em que as folhas da soja apresenta um teor de 83 mg kg⁻¹, quando a quantidade de B absorvido ultrapassa o limiar de toxicidade a produção tem um decréscimo, principalmente quando a taxa do micronutriente chega a marca de 86 mg kg⁻¹.

Quanto ao teor de B no solo (Figura 3) foi possível observar um pequeno aumento quando comparado com a análise de solo (Tabela 1) antes da aplicação de boro, no entanto, um pequeno acréscimo se tornando não significativo, que pode ser explicado pela lixiviação, uma vez que no período da safra houve uma precipitação de 1403,8 mm. Além dessa perda, houve a absorção da planta pelo sistema radicular para suprir a necessidade da planta, fatores que explicam o acréscimo não significativo mesmo com as aplicações.

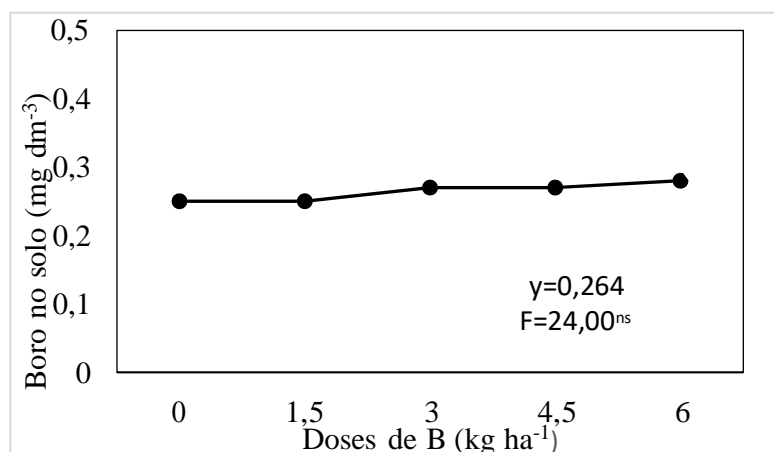


Figura 3: Teor de Boro no solo (mg dm^{-3}) em função das doses de B aplicadas no solo (kg ha^{-1})

Os fatores ambientais e a fonte de B que é adicionada ao solo podem influenciar tanto na absorção quanto na perda do nutriente. Por exemplo, fontes mais solúveis de B tendem a disponibilizar mais rapidamente o nutriente. Sendo assim, quando aplicadas em excesso, podem apresentar desperdício, pois a lixiviação do B disponibilizado é mais acentuada, sendo que chuvas e irrigação nestas condições agravam o quadro (FERRANDO; ZAMALVIDE, 2012). O que indicaria os resultados não significativos, uma vez que houve uma grande pluviosidade, afetando o aumento do teor desse elemento no solo, mesmo com a aplicação de grandes dosagens.

Para a variável produtividade (Figura 4) os resultados da análise de regressão quadrática mostram um aumento gradativo na quantidade de grãos colhidos chegando ao ponto máximo da curva no ponto quando a dosagem é de $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro no solo obtendo à quantia de 4279 kg ha^{-1} de soja, quantidade recomendada para a cultura nas condições encontradas no experimento, quando comparado com as testemunhas há um aumento de aproximadamente 19% na produção de grãos. Após o ponto de máxima houve um decréscimo na produtividade de grãos, mostrando uma possível superdosagem do B.

Segundo a recomendação de adubação (Embrapa Cerrado, 2004), a dosagem de boro para o cerrado é de 2 kg ha^{-1} uma quantidade que se mostra baixa para o estudo desenvolvido. Como é possível ser observado (figura 4) essa quantidade seria muito abaixo do que o necessário para atingir a produtividade máxima que se encontra quando na faixa de $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Nas dosagens próximas ao ponto máximo da curva ($3; 4,5 \text{ kg ha}^{-1}$) reforça se a teoria da lei do mínimo, onde a nutrição da planta vai alcançando o patamar necessário e por isso sua produtividade alcança números desejáveis. O que não é visto quando se aplica

uma dose excessiva (6 kg ha^{-1}), nesse ponto o B deixa de ser algo positivo para a planta e se torna tóxico prejudicando a produtividade.

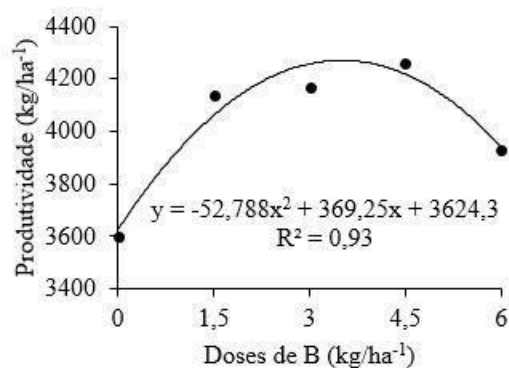


Figura 4: Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) em função das doses de B aplicadas no solo (kg ha^{-1})

Fageria (2000) assegura que a deficiência de B pode ser corrigida com a aplicação de 1 a 3 kg ha^{-1} desse nutriente para as culturas anuais na maioria dos solos. Fato que vai de encontro com o que mostra a pesquisa, uma vez que ao aplicar B, na faixa indicada, foi possível observar um grande aumento na produtividade (Figura 3), no entanto, nesse trabalho mostrou que a maior produtividade foi na dose um pouco superior, de $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de B aplicado no solo.

Conclusão

A aplicação do boro no solo contribuiu para o aumento da produtividade. No teor de boro nas folhas se observa um crescimento gradativo conforme as dosagens aplicadas vão aumentando, já na produtividade o ponto máximo é alcançado na dose de $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ quando o teor foliar está em 83 mg kg^{-1} .

Referências Bibliográficas

ABISOLO (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal). 2018. 4th Brazilian yearbook of plant nutrition technology. São Paulo, Brazil. Disponível em: <http://www.abisolo.com.br/anuario>. Acesso 18 de novembro de 2019

BELLALLOUI, N.; SMITH, J. R.; MENGISTU, A. Seed nutrition and quality, seed coat boron and lignin are influenced by delayed harvest in exotically-derived soybean breeding lines under high heat. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, p. 1563, 2017.

BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.

CERRADO: correção do solo e adubação/ Editores Técnicos Djalma Martinhão Gomes de Sousa, Edson Lobato. – 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.) *Nutrição mineral de plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 13, p. 328-352.

DIMKPA, C. O. et al. Addition-omission of zinc, copper, and boron nano and bulk oxide particles demonstrate element and size-specific response of soybean to micronutrient exposure. *Science of the Total Environment*, Riverside, v. 665, p. 606-616, 2019.

DUPAS, E. Nitrogênio, potássio e boro: Aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia. *Book Title*, Universidade de São Paulo, 2012.

FAGERIA, N K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB v.4, n.1, p.57-62, 2000

FAROOQ, M. et al. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. *Agronomy for sustainable development*, 38:25, 2018.

FERRANDO, Marcelo Gabriel; ZAMALVIDE, José Pedro. Aplicación de boro en eucalipto: comparación de fuentes. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1191-1197, dez. 2012.

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, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.

LIMA, A.D. et al. Adubação borácica na cultura do girassol. *Revista Agro@ ambiente On-line*, 7:269-276, 2013.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa Transferência de Tecnologia: Campo PAS, 2005. 69 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Convênio: CNI, SENAI: SEBRAE: CNI, SESI: SESC Nacional: Senac: SENAR: ANVISA: Embrapa.

OLIVEIRA IP, ARAÚJO RS & DUTRA LG (1996) Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF & Zimmermann MJO (Eds.) *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba, Potafos. p.301-52.

RODRIGUES, L. U.; NASCIMENTO, V. L.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, A. C. M. D.; SILVA, R. R. D. (2019). Morphophysiological and grain yield responses to foliar and soil application of boric acid on soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 50, n. 13, 1640-1651, 2019.

RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. *Plant Soil*, 1997.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5ª ed, rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. 2018.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes. 2. ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

VON LIEBIG, J. F; PLAYFAIR, L. P. B.; WEBSTER, J. W. Organic chemistry in its applications to agriculture and physiology. 1 ed. Cambridge: J. Owen, 1841. 446 p