

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE BORO NA
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

THIAGO LORENZO GIRARDI

**JABOTICABAL - SP
2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE BORO NA
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

THIAGO LORENZO GIRARDI

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Campus de Jaboticabal, como parte
das exigências para graduação em
Engenharia Agrônoma

**JABOTICABAL - SP
2025**

G521i

Girardi, Thiago Lorenzo

Influência de diferentes fontes e doses de boro na produtividade da cultura da soja / Thiago Lorenzo Girardi. -- Jaboticabal, 2025

31 f. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Luis Fabiano Palaretti

1. Plantas Efeito do boro. 2. Glycine max. 3. Adubação foliar. I.
Título.

THIAGO LORENZO GIRARDI

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE BORO NA
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti

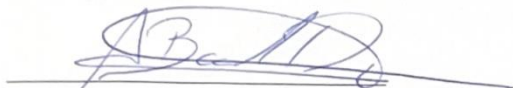
Área de Concentração: Recursos Hídricos

Data da defesa: 11/07/2025

Aprovado

Reprovado

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal




Prof. Santo Oliani Júnior

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

17 / 07 / 2025 * act. referendum



Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me guiar e me proteger durante toda trajetória até aqui. Aos meus pais, Marcelo e Cristiane, que nunca desistiram de mim e que sempre se sacrificaram em prol dos seus filhos.

Aos meus irmãos, Pedro Henrique e Victor Augusto, por cada conselho e aprendizado passado por eles, principalmente ao Victor que sempre foi uma inspiração para mim.

A minha parceira da vida, Maria Sargentin, por todo carinho e apoio nos momentos de dificuldade e por sempre sonhar e conquistar os objetivos ao meu lado.

A minha eterna casa, Xic Nu Último, por cada momento de risada, aprendizado, puxão de orelha, comemoração e desespero que veio me transformando no profissional e principalmente na pessoa que eu sou hoje.

Ao grupo PET-Agro, que me acolheu e me permitiu fazer a diferença pelos alunos e pela a comunidade de Jaboticabal, além de cada ajuda na aplicação e realização deste experimento.

E por fim, ao meu orientador, Alexandre Dalri, por acreditar no meu potencial e por todos os ensinamentos, conselhos, discussões e respeito durante os 3 anos em que compartilhamos experiências dentro da FCAV.

A todos que participaram dessa minha jornada, o meu mais sincero muito obrigado.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE BORO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

Resumo: O boro (B) é um micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento da soja, especialmente por sua atuação na formação da parede celular, desenvolvimento floral e enchimento de grãos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação foliar de diferentes fontes e doses de boro na cultura da soja (*Glycine max L. Merrill*), cultivar TMG 7063 IPRO. O experimento foi conduzido em campo sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico com textura argilosa, em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial (3x5) com três fontes de boro (ácido bórico, boro MEA e boro poliol) e cinco doses (60 a 140 g/ha), totalizando 15 tratamentos, com quatro repetições cada. Foram avaliadas variáveis morfológicas, produtivas e de massa dos grãos. Os resultados demonstraram que, embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas para a maioria das variáveis, os tratamentos com boro poliol apresentaram as maiores médias de produtividade. Assim, a aplicação de boro mostrou tendência agrônômica positiva, sendo recomendada a continuidade de estudos para aprimorar o manejo desse micronutriente na cultura da soja.

Palavras-chave: Aplicação foliar, Boro poliol, *Glycine max L. Merrill*, Latossolo vermelho eutrófico, Micronutrientes, Nutrição mineral, Produtividade.

INFLUENCE OF DIFERENT SOURCES AND DOSES OF BORON ON SOYBEAN CROP PRODUCTIVITY

Abstract: Boron (B) is an essential micronutrient for the growth and development of soybean, especially due to its role in cell wall formation, floral development, and grain filling. This study aimed to evaluate the effect of foliar application of different boron sources and rates on soybean (*Glycine max L. Merrill*), cultivar TMG 7063 IPRO. The experiment was conducted in the field and the soil was classified as Eutrophic Red Latosol with clayey texture, in a randomized block design in a factorial scheme with three boron sources (boric acid, MEA boron, and polyol boron) and five rates (60 to 140 g/ha), totaling 15 treatments with four replications each. Morphological, productive, and grain mass variables were evaluated. The results showed that, although most variables did not present statistically significant differences, treatments with polyol boron showed the highest average productivity. Therefore, boron application demonstrated promising agronomic potential, and further studies are recommended to improve the management of this micronutrient in soybean cultivation.

Keywords: Eutrophic red latosol, Foliar Application, *Glycine max L. Merrill*, Micronutrients, Mineral Nutrition, Polyol Boron, Productivity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Soja	11
2.2 Boro	13
2.3 Aplicação foliar	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local, clima e solo	16
3.2 Delineamento experimental	16
3.3 Cultivar	17
3.4 Instalação e condução	17
3.5 Variáveis analisadas da cultura da soja	19
3.6 Análise Estatística	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
4.1 Número da média de Vagens	21
4.2 Massa de 1000 grãos	22
4.3 Produtividade	24
4.4 Considerações Finais	27
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma cultura de destaque no cenário agrícola mundial, amplamente cultivada devido à sua versatilidade e importância econômica. No Brasil, seu cultivo ocupa posição central na matriz produtiva do agronegócio, com sucessivos aumentos de área plantada e volume colhido. De acordo com o 7º levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), referente à safra 2024/2025, a área destinada à soja alcançou 47,5 milhões de hectares, representando um acréscimo de 3% em relação ao ciclo anterior. A produção foi estimada em 167,8 milhões de toneladas, um crescimento de 13,6% comparado à safra 2023/2024, consolidando-se como recorde nacional, apesar de adversidades climáticas pontuais, especialmente no Rio Grande do Sul.

O desempenho produtivo da soja está diretamente relacionado ao manejo eficiente dos fatores nutricionais do solo. Trata-se de uma cultura exigente em macro e micronutrientes, sendo necessário um equilíbrio entre esses elementos para garantir o pleno desenvolvimento fisiológico da planta e, conseqüentemente, altas produtividades (SFREDO, 2008). Entre os micronutrientes, destaca-se o boro (B), que desempenha funções essenciais na formação da parede celular, desenvolvimento do sistema radicular e na translocação de açúcares, além de aumentar a resistência da planta a estresses abióticos (SHELP, 1993).

A cultura da soja apresenta uma faixa bastante estreita entre deficiência e toxicidade de boro, o que exige um planejamento criterioso quanto à dose e à fonte do nutriente a ser aplicada. A maioria das fontes comerciais de boro apresenta elevada solubilidade, o que as torna mais suscetíveis à lixiviação, especialmente em solos de textura arenosa ou com baixa capacidade de retenção de água

(TRAUTMANN et al., 2014). Fontes como ulexita, ácido bórico e bórax apresentam características físico-químicas distintas, influenciando diretamente a disponibilidade do micronutriente no solo e sua absorção pelas plantas (BYERS et al., 2001).

A aplicação foliar de boro representa uma prática eficaz para suprir as exigências nutricionais da soja, especialmente em estádios reprodutivos da cultura, quando a demanda por esse micronutriente é mais acentuada (ASAD et al., 2003). A eficiência dessa técnica, no entanto, pode variar conforme a fonte de boro utilizada. Fontes como o ácido bórico, boro complexado com monoetanolamina (MEA) e boro complexado com polióis diferem quanto à solubilidade, estabilidade e capacidade de penetração cuticular, o que influencia diretamente a absorção do nutriente pelas folhas. Essas características físico-químicas determinam a velocidade com que o boro é absorvido e translocado internamente, impactando o metabolismo da planta e, conseqüentemente, a formação de estruturas reprodutivas e a produtividade final da cultura.

Apesar da reconhecida importância do boro, ainda há lacunas significativas no conhecimento sobre a resposta varietal da soja à sua deficiência ou excesso, o que limita as recomendações técnicas específicas e compromete avanços em programas de melhoramento genético (TOMICIOLI et al., 2019). Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes fontes e doses de boro aplicadas via foliar sobre os parâmetros vegetativos e produtivos da cultura da soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja

Originária do leste asiático, a soja (*Glycine max* L. Merrill) foi domesticada há milênios, inicialmente como base alimentar e medicinal. Ao longo do século XX, a cultura expandiu-se globalmente, alcançando papel estratégico na produção de proteína vegetal e óleo comestível. A introdução da soja no Brasil ocorreu no início do século passado, mas foi a partir da década de 1970, com a criação de cultivares adaptadas às regiões tropicais, que sua expansão se intensificou, principalmente nos estados do Sul, Centro-Oeste e, mais recentemente, nas áreas do Matopiba (BA, TO, PI, MA) (EMBRAPA, 2023).

O avanço tecnológico no setor agrícola brasileiro, aliado ao uso de sementes geneticamente melhoradas, correção e adubação de solos, práticas de manejo e mecanização, permitiu uma elevação significativa da produtividade da cultura nas últimas décadas. De acordo com o boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a safra 2024/2025 registrou novo recorde nacional, com 167,8 milhões de toneladas colhidas em 47,5 milhões de hectares cultivados, representando um aumento expressivo de 13,6% em relação à safra anterior (CONAB, 2025).

Do ponto de vista agrônômico, a soja é uma planta que apresenta ciclo variável conforme a cultivar, o que permite seu cultivo em diferentes latitudes. É uma cultura fotossensível, de dias curtos, ou seja, uma planta que necessita de noites longas para que o fotoperíodo não ultrapasse o limite crítico e ela floresça, exigente em temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica. Sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*

contribui para a redução da necessidade de adubação nitrogenada, desde que haja correta inoculação e condições favoráveis à nodulação (HUNGRIA et al., 2007).

O manejo nutricional da soja é um dos principais determinantes para seu sucesso produtivo. A planta demanda macro e micronutrientes em diferentes proporções ao longo do ciclo. Dentre os micronutrientes, destaca-se o boro, essencial para a integridade celular, crescimento de tecidos meristemáticos, desenvolvimento de flores e frutos e resistência a estresses fisiológicos (SFREDO, 2008). O manejo desse elemento requer atenção, pois a faixa entre deficiência e toxicidade é bastante estreita, o que exige conhecimento técnico na escolha da dose, da fonte e do momento de aplicação.

Além de seu papel como fonte de alimento e insumo agroindustrial, a soja representa um dos pilares econômicos do agronegócio brasileiro. O país é líder global em exportações do grão, sendo a China o principal destino. A cadeia da soja movimentava expressivos volumes financeiros, envolvendo produção de sementes, defensivos, maquinário, armazenagem, transporte e processamento de óleo e farelo (ABIOVE, 2023). O desempenho da cultura influencia diretamente o PIB agrícola e as balanças comerciais regionais.

Apesar dos avanços e da importância econômica, a produção de soja enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade. O uso intensivo do solo, a pressão sobre áreas de vegetação nativa, a dependência de insumos químicos e os riscos climáticos são questões que demandam soluções técnicas e políticas públicas eficientes. A adoção de sistemas integrados, rotação de culturas, manejo conservacionista do solo e práticas de agricultura de precisão surgem como estratégias fundamentais para garantir a produtividade com responsabilidade ambiental (EMBRAPA, 2023).

2.2 Boro

O boro (B) é um micronutriente essencial para o desenvolvimento e a produtividade das plantas, atuando diretamente na divisão e alongamento celular, na integridade das membranas e paredes celulares, no metabolismo de carboidratos e na formação do tubo polínico, sendo determinante para a fecundação e formação de frutos e sementes (SILVA et al., 2017b; PRADO, 2016). Na soja, o boro desempenha um papel crucial em processos reprodutivos como o florescimento, a formação de vagens e o enchimento de grãos, sendo que teores adequados nos tecidos vegetais variam entre 20 e 10000 mg kg⁻¹ (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Embora a demanda da soja por boro seja considerada moderada, sua baixa mobilidade no floema requer absorção constante e eficiente ao longo do ciclo da planta (MASCARENHAS et al., 2014). A carência de boro pode comprometer a formação de tecidos jovens, gerar deformidades foliares, causar abortamento floral e reduzir significativamente a produtividade (SANTOS, 2016). Estudos relatam a participação do boro na formação de componentes estruturais, como ácidos galacturônico e glucurônico, celulose e raminose, que conferem resistência mecânica às células (MANFREDINI, 2008).

As fases de maior exigência da soja em boro coincidem com os estádios reprodutivos, especialmente o início do florescimento (R1), enchimento de grãos (R5) e maturidade fisiológica (R8), quando ocorrem divisões celulares intensas, formação de vagens e mobilização de nutrientes para os grãos em formação (PRADO, 2017).

Três fontes comerciais de boro aplicadas via foliar são comumente utilizadas: ácido bórico, boro MEA e boro poliol. O ácido bórico é caracterizado por sua alta solubilidade e rápida absorção, sendo eficaz para a correção imediata de deficiências, embora possa apresentar risco de fitotoxicidade em doses elevadas (DAMETO et al.,

2022). O boro MEA, por sua vez, apresenta liberação gradual, conferindo maior segurança para aplicações em ambientes de alta lixiviação e possibilitando uma disponibilidade mais prolongada do nutriente à planta (SALDANHA, 2024; PRADO, 2016). Já o boro poliols é formulado com polióis que aumentam sua mobilidade após a absorção, favorecendo o transporte até órgãos de maior demanda, como vagens e grãos em desenvolvimento (HAVLIN et al., 2013).

2.3 Aplicação foliar

A aplicação foliar é uma estratégia amplamente utilizada para suprir micronutrientes em estádios específicos do ciclo da cultura, especialmente quando há baixa disponibilidade no solo ou necessidade imediata de correção (ASAD et al., 2003). Essa técnica permite uma absorção mais rápida e localizada, sendo altamente recomendada durante as fases R1 (início da floração) e R5 (enchimento de grãos), quando a demanda por boro é intensificada para sustentação dos processos reprodutivos e desenvolvimento dos grãos (DAMETO et al., 2022; PRADO, 2017).

A eficiência da aplicação foliar está diretamente ligada à escolha da fonte do micronutriente. O ácido bórico, devido à sua elevada solubilidade, é prontamente absorvido pelas folhas, promovendo respostas rápidas, mas requer cuidado com a dose para evitar danos às folhas (DAMETO et al., 2022). O boro MEA, complexo com monoetanolamina, apresenta um perfil de absorção mais lento e constante, o que o torna ideal para condições de maior risco de toxicidade ou em solos arenosos (PRADO, 2016; SALDANHA, 2024). Já o boro poliols, formulado com compostos que favorecem a mobilidade interna após a absorção foliar, se destaca por promover uma redistribuição mais eficiente do nutriente para órgãos em desenvolvimento, como as vagens e os grãos (HAVLIN et al., 2013).

Assim, a aplicação foliar de boro, quando bem manejada quanto à fonte, dose e momento de aplicação, pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade fisiológica das plantas e incremento na produtividade da soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, clima e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), localizada no município de Jaboticabal – SP. A área experimental está situada nas coordenadas geográficas 21°14'47.36" S e 48°16'59.08" W, a uma altitude de 546 metros acima do nível do mar. O clima predominante na região é classificado como tropical de altitude (Aw) segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e úmidos, e invernos secos. A temperatura média anual é de aproximadamente 22 °C, com uma precipitação anual em torno de 1.400 mm, concentrando-se principalmente entre os meses de outubro e março, dados obtidos da Estação meteorológica automatizada da UNESP/FCAV.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico de textura argilosa, apresentando boa drenagem e alta capacidade de retenção de água, porém com alta fertilidade natural.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi estruturado em delineamento em blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial (3 X 5), com três tratamentos e quatro repetições para cada, sendo três fontes de boro e cinco doses. As três fontes de boro foram: ácido bórico, boro MEA e boro poliol, aplicadas em cinco doses: 60, 80, 10000, 120 e 140 g ha⁻¹. As parcelas experimentais apresentavam dimensões de 2,25 metros de largura por 7 metros de comprimento, perfazendo uma área total de 12,6 m² por parcela.

3.3 Cultivar

A cultivar utilizada no experimento foi a TMG 7063 IPRO. Pertence ao grupo de maturação relativa 6.3 com ciclo de 110 dias. A semeadura foi realizada no dia 12 de novembro de 2024, com espaçamento entre linhas de 0,45 metros. A densidade de semeadura foi de 12 sementes por metro linear, resultando em uma densidade final estimada de 266.666 plantas por hectare.

3.4 Instalação e condução

O solo foi preparado no sistema convencional com uma aração e duas gradagens. Após o preparo do solo, foi retirada uma amostra composta para fins de análises física e química de rotina (Tabela 1).

Tabela 1. Análise física e química de uma amostra composta do solo extraída das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade na área experimental.

Profundidade	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						%		-----mg/dm ³ -----					
0-20	6,0	22	80	7,6	51	17	19	11	75,6	95	80	12,7	0,34	4,0	7	17,7	2,49
20-40	5,5	20	53	4,7	36	12	21	13	52,7	74	71	18,3	0,33	4,0	7	17,8	1,67

A semeadura foi realizada no dia 12 de novembro de 2024. Para isso, foi utilizada uma semeadora de quatro linhas, espaçadas a 0,45 m, a uma profundidade de 5 cm. A semeadora foi regulada para depositar 12 sementes por metro, visando uma densidade populacional de 240.000 plantas por hectare.

A adubação de base foi realizada com 303 kg/ha da fórmula NPK 04-20-20, conforme recomendação baseada na análise química do solo e nos critérios técnicos estabelecidos por Raij et al. (1997). Essa prática teve como objetivo garantir o suprimento inicial de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cultura.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de glifosato na dose de 1.080 g e.a. ha⁻¹, no estágio fenológico V2 da soja, conforme classificação proposta por Fehr e Caviness (1977). Essa aplicação visou garantir a manutenção da lavoura livre de interferência das plantas daninhas nas fases iniciais do desenvolvimento.

O controle de pragas foi realizado com o uso de pulverizações com equipamento tratorizado, utilizando inseticidas específicos conforme a ocorrência de pragas-alvo. O monitoramento foi feito por meio do método da batida de pano, sendo realizadas aplicações sempre que os níveis de infestação ultrapassaram os níveis de controle recomendados, conforme metodologia descrita por Ávila et al. (2018).

Em relação aos tratamentos com boro, foram utilizadas três fontes comerciais: ácido bórico com concentração 0,17%, boro MEA 0,8% e boro poliol 0,1%.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal elétrico, com capacidade de 20 litros, equipado com quatro pontas de pulverização de vazão uniforme. A pulverização ocorreu no estágio fenológico R1 (início do florescimento), entre 40 e 45 dias após a semeadura. O volume de calda aplicado foi de 200 litros por hectare.

A aplicação foi conduzida sempre em horários com baixa velocidade de vento, visando minimizar perdas por deriva e assegurar maior eficiência de deposição nas folhas. Os bicos foram ajustados para garantir cobertura média das plantas, com pressão constante para uma aplicação homogênea entre os tratamentos.

3.5 Variáveis analisadas da cultura da soja

As variáveis analisadas foram coletadas ao longo do ciclo da soja, com foco em características reprodutivas e produtivas. As avaliações ocorreram no estágio fenológico R8 (maturação fisiológica), conforme a escala fenológica descrita por Fehr e Caviness (1977). Sendo elas: Número de vagens; Massa de 1000 grãos e produtividade.

Dessa forma, em 10 plantas amostradas de forma aleatória, foi realizada a contagem do número de vagens e de grãos por planta.

Dias após a contagem do número de vagens e de grãos por vagem foi realizada a avaliação da massa de 1000 grãos de cada parcela de cada fonte de boro.

Massa de 1000 Grãos: Foram contados e pesados 1000 grãos de cada parcela para determinar o peso médio. Esse parâmetro é importante para analisar o rendimento e a qualidade final da produção (Prado, 2016).

A produtividade foi calculada após a pesagem dos grãos e extrapolação para kg ha^{-1} , considerando a área útil de cada parcela $2,25 \text{ m}^2$. Essa avaliação é essencial para entender a resposta da planta ao manejo de boro aplicado (Dameto et al., 2022)

3.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Agroestat, conforme descrito por Barbosa e Maldonado (2008). A análise foi conduzida com base no delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial 3×5 (três fontes de boro \times cinco doses), totalizando 15 tratamentos.

Para a variável produtividade, devido à natureza quantitativa das doses de boro, foi aplicada análise de regressão polinomial dentro de cada fonte, com o objetivo de

identificar a tendência da resposta da soja ao aumento das doses de boro. As equações de regressão foram ajustadas com base na significância dos coeficientes e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Para a comparação entre as diferentes fontes de boro, consideradas como variável qualitativa, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, sempre que a ANOVA indicou efeito significativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância (Tabela 2) indica que houve diferença significativa para massa de 1000 grãos e para produtividade entre as fontes de boro. Quanto ao número de vagens por planta não foram observadas diferenças estatísticas para a fonte e doses de boro.

Tabela 2. Análise de variância para número de vagens, massa de 1000 grãos, e produtividade da cultura da soja, cultivar “TMG 7063 IPRO” em resposta as fontes de boro em Jaboticabal - São Paulo.

Causas de variação	GL	Valores de F		
		Nº de vagens por planta	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Fonte de boro (FB)	2	0,66 ns	4,04 *	4,06 *
Doses de boro (DB)	4	0,32 ns	0,45 ns	0,45 ns
FB x DB	8	0,85 ns	0,80 ns	0,79 ns
CV (%)		20,40	20,71	20,23

ns (não significativo a 5% de probabilidade) e *(significativo a 5% de probabilidade)

4.1 Número da média de Vagens

A análise de variância (Tabela 2) indicou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($F = 0,66$), o que demonstra que, ao nível de 5% de significância, os tratamentos aplicados não influenciaram de forma significativa o número de vagens por planta.

O coeficiente de variação (CV) obtido foi de 20,40%, o que é considerado de magnitude moderada, sendo aceitável para experimentos em condições de campo. A média geral foi de 54,41 vagens por planta.

A comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% confirmou a ausência de diferenças significativas.

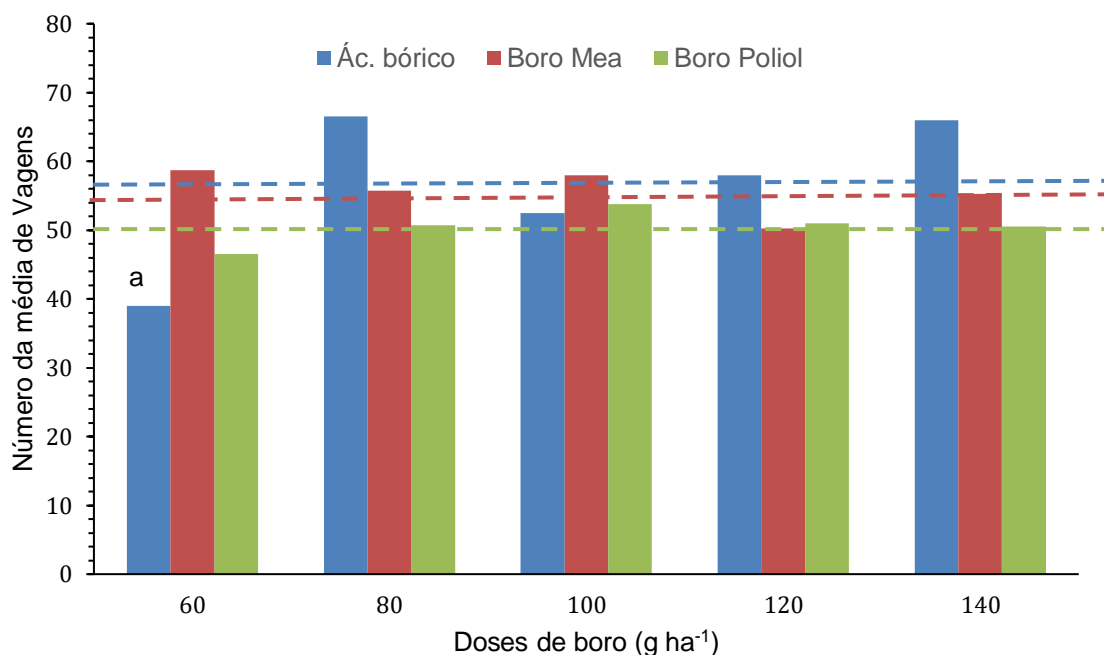


Figura 1. Número da média de vagens por planta de soja, em função das doses de boro.

Observa-se na Figura 1 que o ácido bórico apresentou as maiores médias de vagens por planta 66,5 e 66 (nas doses de 80 e 140g) e a maior média geral entre as doses 56,4 vagens por plantas, entretanto, obteve o menor valor sendo de 39 vagens por planta, não apresentando uma uniformidade entre as doses, enquanto as outras fontes (boro MEA e boro poliol) não tiveram tamanha discrepância entre suas médias.

4.2 Massa de 1000 grãos

A massa de 1000 grãos variou entre 130,3 g e 177,5 g entre os diferentes tratamentos. A análise de variância (Tabela 2) indicou presença de efeito estatístico significativo em relação às diferentes fontes de boro ($F= 4,04$) porém, em relação às diferentes doses de boro não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F=0,45$) aplicadas via foliar. O coeficiente de variação (CV) foi de 20,71%.

Os maiores valores médios foram observados nos tratamentos com boro poliol, sendo o destaque o tratamento com 140 g ha⁻¹ (T19), que apresentou massa média de 177,5 g, seguido pelo tratamento com 80 g ha⁻¹ (T16), com 170,5 g. Já o tratamento com menor valor foi o boro MEA na dose de 60 g ha⁻¹ (T9), com média de 130,3 g (Figura 2).

O teste de Tukey a 5% indica diferença estatisticamente significativa entre a média geral das fontes de boro e doses de boro utilizadas. Observa-se um comportamento agronomicamente relevante, uma vez que a massa de 1000 grãos é um indicador direto da eficiência de enchimento dos grãos, atributo que pode ser favorecido pelo fornecimento adequado de boro (Prado, 2016)

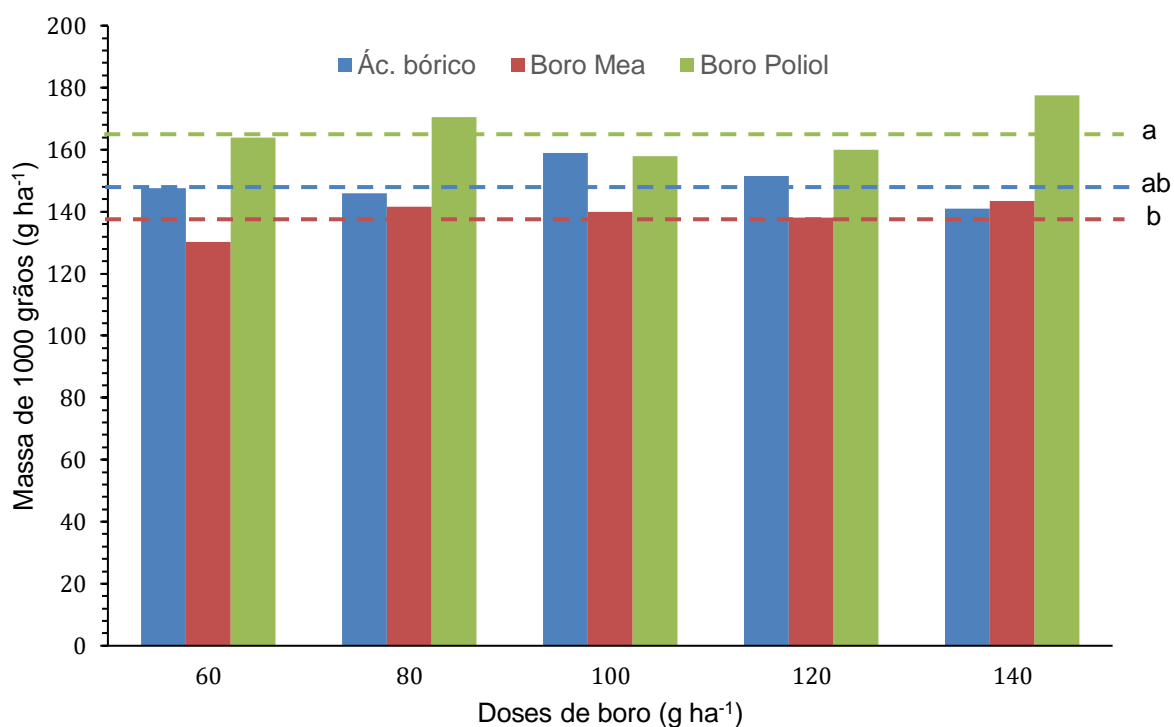


Figura 2. Massa média de 1000 grãos de soja, em função das fontes e doses de boro.

Observa-se na Figura 2 que o boro poliol destaca-se com os maiores valores de massa de 1000 grãos em praticamente todas as fontes e doses de boro, além de apresentar a maior média geral, sendo de 166,0 g ha⁻¹, tanto o boro MEA quanto o ácido bórico obtiveram uniformidade na massa de 1000 grãos.

4.3 Produtividade

A análise de variância (Tabela 2) indicou presença de efeito estatisticamente significativo em relação às diferentes fontes de boro ($F= 4,06$) porém, em relação às diferentes doses de boro não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F=0,45$) aplicadas via foliar. O coeficiente de variação (CV) foi de 20,23%.

Observa-se um valor moderado para experimentos conduzidos a campo e a média geral foi de 4.163,56 kg ha⁻¹, com variações entre 2.911,95 kg ha⁻¹ e 5.027,55 kg ha⁻¹ entre os tratamentos.

Os tratamentos que apresentaram as maiores produtividades foram:

T11 – Boro polioliol (60 g ha⁻¹): 5.027,55 kg ha⁻¹

T3 – Ácido Bórico (10000 g ha⁻¹): 4.819,28 kg ha⁻¹

T12 – Boro polioliol (80 g ha⁻¹): 4.794,30 kg ha⁻¹

T15 – Boro polioliol (140 g ha⁻¹): 4.783,88 kg ha⁻¹

O teste de Tukey a 5% indica diferença estatisticamente significativa entre a média geral das fontes de boro e doses de boro utilizadas. (Figura 3).

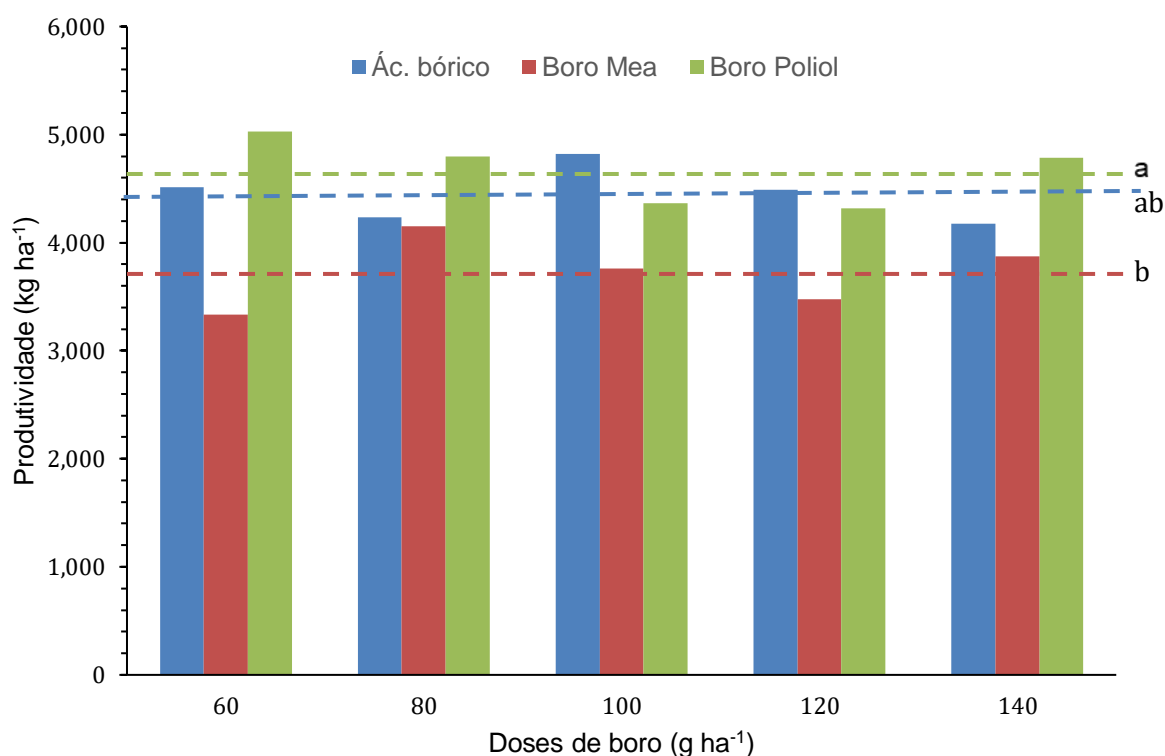


Figura 3. Produtividade média da soja, em função das doses e tratamentos.

Observa-se na Figura 3 que o boro polioliol apresentou a maior produtividade média, superando os 5000 kg ha⁻¹. Além disso, em todas as dosagens do boro polioliol, a produtividade média superou os 4300 kg ha⁻¹. Segundo Dameto et al. (2022), a escolha adequada da fonte é tão importante quanto a dose, especialmente quando se busca maximizar a eficiência de absorção e a produtividade da cultura.

Apesar da tendência de aumento no número de vagens por planta observada em alguns tratamentos do presente estudo, os incrementos não foram tão expressivos quanto os relatados por Dall'agnol et al. (2017), que avaliaram a aplicação foliar de boro na soja cultivar TMG 7062 IPRO nos estádios reprodutivos R1 (florescimento) e R3 (vagens iniciais). Os autores observaram ganhos médios de até 7,12 vagens por planta com a aplicação em R1 e 5,47 vagens por planta em R3, totalizando um impacto significativo na formação reprodutiva. No presente trabalho, entretanto, foi realizada apenas uma aplicação foliar no estádio R1, o que pode ter limitado os efeitos do boro ao longo do ciclo reprodutivo da cultura. Considerando a baixa mobilidade do boro no floema e sua importância contínua durante a fase reprodutiva, é plausível que a ausência de uma segunda aplicação em R3 tenha restringido o fornecimento adequado do nutriente em momentos cruciais, como o enchimento das vagens e o início da maturação. Assim, os resultados distintos entre os estudos sugerem que a frequência e o momento da aplicação foliar são fatores determinantes para a eficiência do boro na cultura da soja.

4.4 Considerações Finais

A adubação com micronutrientes, especialmente o boro, tem se mostrado uma prática relevante no manejo nutricional da soja, devido ao seu papel fundamental nos processos reprodutivos, fisiológicos e estruturais das plantas. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo demonstram que a eficiência da aplicação foliar de boro está diretamente condicionada às condições edafoclimáticas, ao nível inicial de disponibilidade no solo, ao momento da aplicação e à escolha da fonte e da dose adequada.

Ainda que a análise estatística não tenha identificado diferenças significativas quanto ao número de vagens por planta entre as fontes e doses de boro, para a massa de mil grãos e produtividade obteve-se uma diferença significativa em relação a média geral das fontes e doses de boro utilizadas. Os dados numéricos demonstraram tendência de melhor desempenho para a fonte de boro poliol, que proporcionou os maiores valores médios de produtividade e massa de 1000 grãos, sobretudo nas doses intermediárias e elevadas. Isso reforça o potencial agrônomo dessa fonte, principalmente devido à sua maior mobilidade no interior da planta.

Além disso, é fundamental considerar que a faixa entre a deficiência e a toxicidade de boro é bastante estreita, o que exige manejo criterioso quanto à dose, à fonte e ao momento de aplicação. A escolha de produtos com maior eficiência fisiológica e menor risco de fitotoxicidade, como o boro poliol, pode representar uma alternativa mais segura e eficaz.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se que novos estudos sejam realizados com foco na interação entre doses e momentos de aplicação, avaliando também aspectos econômicos e ambientais da adubação boratada. A continuidade das pesquisas é essencial para gerar recomendações técnicas mais precisas e adaptadas às diferentes realidades do campo, contribuindo assim para o avanço sustentável da produção de soja no Brasil.

5. CONCLUSÃO

A aplicação foliar de diferentes fontes de boro na cultura da soja, cultivar TMG 7063 IPRO, resultou em diferenças estatísticas significativas na média geral da produtividade e massa de mil grãos entre os tratamentos nas condições edafoclimáticas da região de Jaboticabal – SP.

Em contrapartida o número de vagens por planta, não apresentou resultados estatisticamente significativos entre as fontes e doses reforçando a escolha do momento ideal da aplicação foliar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAD, A.; BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G. Effect of boron foliar application on vegetative and reproductive growth of sunflower. *Annals of Botany, Oxford*, v. 92, n. 4, p. 565–570, 2003. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg170>.
- ÁVILA, C. J.; ZUFFO, A. M.; OLIVEIRA, M. C. N.; SILVA, A. P.; PERES, C. A. S. Manejo de pragas na cultura da soja. In: ZUFFO, A. M. (org.). *Tecnologia de produção de soja*. Maracaju: UFGD/UFMS/IFMS, 2018. p. 61–82.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2008. 112 p.
- BYERS, H. G.; MACINTIRE, W. H.; STOKES, A. C.; GRAHAM, E. R. Boron: its availability and function in soils and plants. Washington: United States Department of Agriculture (USDA), 2001. (Technical Bulletin, 127).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2024/25 – Sétimo levantamento, abril 2025. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: maio 2025.
- DALL’AGNOL, L. M.; BERGHOLZ, G.; TRENTIN, E. E.; MAIER, C. G. Influência da aplicação foliar de boro em diferentes estádios fenológicos sobre a produtividade da soja. *Seminário de Iniciação Científica da UNOESC*, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2017.
- DAMETO, L. S.; MORAES, M. F.; OLIVEIRA, R. M.; SANTOS, J. R.; FERREIRA, M. R. Effects of boron sources and rates on grain yield, yield components, nutritional status, and changes in the soil chemical attributes of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, v. 45, n. 20, p. 3130–3142, 2022. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043591>.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (org.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327–354.
- EMBRAPA. AgTech: Micronutrientes – boro. Brasília: Embrapa, [s.d.].
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

- HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2013. 528 p.
- KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrient uptake and mobility in relation to plant growth and root development. In: Proceedings of the International Symposium on Micronutrients, Wuhan, China, 2007.
- MANFREDINI, A. M. Resposta da soja perene à aplicação de doses de boro. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- MASCARENHAS, H. A. A.; SOUZA, K. R. D.; SANTOS, G. A. Micronutrientes: funções e sintomas de deficiência nas plantas. In: CANTARELLA, H. et al. (orgs.). Nutrição e adubação de plantas. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2014. p. 215–238.
- PRADO, R. M. Micronutrientes na fisiologia de plantas cultivadas. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2017. 180 p.
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas: diagnose foliar em plantas cultivadas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 403 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 10000).
- SALDANHA, E. C. M. Fertilização boratada aumenta produtividade da soja em solo argiloso. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 37, n. 1, p. 15–18, 2024.
- SANTOS, H. G. dos. Nutrição mineral e o crescimento das plantas. In: Fisiologia vegetal aplicada. Brasília: Embrapa, 2016. p. 155–172.
- SFREDO, G. J. Elementos de nutrição mineral da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 128 p. (Documentos, 232).
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. Boro na nutrição da soja. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 106, p. 1–5, 2004.
- SHELP, B. J. Physiological functions of boron in plants. Plant and Soil, Dordrecht, v. 155/156, p. 117–121, 1993.
- SILVA, H. F. da; CASTRO, G. S. A.; GOBBI, D. P.; CARVALHO, R. P.; LANA, R. M. Q. Acúmulo de boro e produtividade da soja em função da adubação com boro em solos com diferentes capacidades de retenção de água. Revista Brasileira de

Ciência do Solo, Viçosa, v. 41, p. e0160553, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160469>.

SILVA, Y. M. L. da; ALMEIDA, J. P. N.; FREITAS, I. C.; SILVA, J. R. G. Disponibilidade de boro e resposta de culturas à aplicação do micronutriente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 41, 2017b. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160469>.

SILVA, Y. M. L. da; ALMEIDA, J. P. N.; FREITAS, I. C.; SILVA, J. R. G. Importância do boro na fisiologia e no desenvolvimento das plantas. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 192–200, 2015. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2782>.

TAVARES, R. C.; MOURA, W. M.; SOUZA, R. P.; OLIVEIRA, K. D. Importância dos micronutrientes na nutrição de culturas agrícolas. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 4, p. 1–9, 2015.

TOMICIOLI, R. J.; TAVARES, R. C.; SOUZA, R. P.; SANTOS, G. L. Avaliação da tolerância de cultivares de soja à toxicidade por boro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 36., 2019, Cuiabá. Anais... Cuiabá: SBCS, 2019.