



**PEDRO PAULO MENDES SANTOS**

**A PRODUTIVIDADE DA SOJA PODE SER AUMENTADA  
COM APLICAÇÃO DE DOSES DE FERTILIZANTES  
FOLIARES?**

**Lavras – MG**

**2024**

**A PRODUTIVIDADE DA SOJA PODE SER AUMENTADA COM APLICAÇÃO DE  
DOSES DE FERTILIZANTES FOLIARES?**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras - DAG, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Christiane Augusta Diniz Melo  
Orientadora

Me. Paulo Henrique Frois Correa Barros  
Coorientador

**Lavras – MG  
2024**

**PEDRO PAULO MENDES SANTOS**

**A PRODUTIVIDADE DA SOJA PODE SER AUMENTADA COM APLICAÇÃO DE  
DOSES DE FERTILIZANTES FOLIARES?**

**CAN SOYBEAN PRODUCTIVITY BE INCREASED WITH THE APPLICATION OF  
FOLIAR FERTILIZER DOSES?**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras - DAG, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 16/08/2024

Profa. Dra. Christiane Augusta Diniz Melo

Msc. Paulo Henrique Frois Correa Barros – UFLA

Msc. Taine Teotônio Teixeira da Rocha – UFLA

Profa.Dra. Christiane Augusta Diniz Melo

Orientadora

Msc. Paulo Henrique Frois Correa Barros

Coorientador

**Lavras-MG  
2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço à minha orientadora Christiane Augusta Diniz Melo, pela orientação, paciência e apoio ao longo do desenvolvimento deste TCC. Sua expertise e conselhos foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao meu coorientador Paulo Henrique Frois, pelo valioso apoio e ideias adicionais, que enriqueceram significativamente o desenvolvimento e a qualidade deste trabalho.

Agradeço aos professores e colegas do curso, cuja troca de conhecimentos e experiências foi essencial para o aprimoramento deste estudo. Em especial meus amigos Fernando Marques (Júnior), Fernando Cezar (Mato Grosso), Isabela Santin, José Vinícius (Zezão), Pedro Emanuel (largo), por todo apoio e incentivo durante toda minha graduação. Agradeço também meus amigos do núcleo G-Pro, Nespd e Necant.

Um agradecimento especial à minha namorada Luana Aparecida Teodoro Franco, cujo apoio, compreensão e encorajamento foram cruciais durante todo o processo. Sua presença e paciência foram uma fonte constante de força e motivação.

Além disso, sou grato à minha família, meu pai Cícero José dos Santos (em memória), minha mãe Tereza Cândida Mendes dos Santos, minha irmã Ana Paula Mendes dos Santos, pelo apoio emocional e incentivo contínuo.

Por fim, agradeço aos amigos e demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Sem o apoio e colaboração de todos vocês, este TCC não teria sido possível. Muito obrigado!

## RESUMO

A soja é uma das principais commodities na economia brasileira, sendo um dos principais produtos agrícolas do país. A importância da cultura impacta em diversos aspectos desde sua contribuição para o PIB nacional até seu papel na segurança alimentar global. Os fertilizantes foliares desempenham um papel vital na busca para aumento de produtividade sem a necessidade de expandir novas áreas. Com isso, o principal objetivo do trabalho foi avaliar qual o melhor fertilizante foliar e dose para ser utilizado no estágio fenológico R5.0, estágio de início de enchimento de grãos. O experimento foi conduzido na Fazenda Palmital (UFLA-CDTT), no município de Ijaci-MG, sendo semeada a cultivar NEO 531 com uma população de 320 mil plantas. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com três repetições de cada tratamento. Os tratamentos constituíram de seis diferentes fertilizantes foliares: Ácido bórico, Biotrac®, Bortrac®, Zintrac®, Hold® e Sett®, mais a testemunha (sem aplicação), como tratamento adicional, e estes sob o efeito de dosagens de 25%, 50% e 100%, em relação a dose de bula. As parcelas foram constituídas de quatro linhas com cinco metros de comprimento, sendo a parcela útil, as duas linhas centrais. A pulverização foi realizada com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> no estágio R5.0. As avaliações foram realizadas nos estádios R6 e R8, sendo avaliados altura de plantas (cm), índice SPAD e índice Greenseaker. No estágio R8 as plantas foram colhidas e avaliado produtividade (kg/ha), número de vagens totais (un) e número de ramos laterais (un). Posteriormente, foram realizadas análises de dados no ambiente computacional R e teste de Tukey para comparação das médias. O fornecimento de fertilizantes foliares na cultura da soja, no estágio de R5.0, auxilia o enchimento de grãos e o maior peso deste, além de aprimorar as características fitotécnicas da cultivar de soja. A pulverização de fertilizantes foliares no estágio de R5 promove ganhos de produção da soja, assim como de seus componentes de produção, sendo o fertilizante foliar Bortrac o que proporcionou a maior produtividade (6312,2 kg/ha), na dose de 0,25%.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L.; componentes de produção; micronutrientes.

## ABSTRACT

Soybean is one of the main commodities in the Brazilian economy, being one of the country's main agricultural products. The importance of the crop impacts several aspects, from its contribution to the national GDP to its role in global food security. Foliar fertilizers play a vital role in the search for increased productivity without the need to expand new areas. Therefore, the main objective of the study was to evaluate the best foliar fertilizer to be used in the R5.0 phenological stage, the stage at which grains begin to fill. The experiment was conducted at Fazenda Palmital (UFLA-CDTT), in the municipality of Ijaci-MG, with the cultivar NEO 531 being sown with a population of 320 thousand plants. The design adopted was randomized blocks, with three replicates of each treatment. The treatments consisted of six different foliar fertilizers: boric acid, Biotrac®, Bortrac®, Zintrac®, Hold® and Sett®, plus the control (without application), as an additional treatment, and these under the effect of doses of 25%, 50% and 100%, in relation to the dose indicated in the package insert. The plots consisted of four rows with five meters in length, with the two central rows as the useful plot. Spraying was carried out with a CO<sub>2</sub>-pressurized backpack sprayer at the R5.0 stage. Evaluations were carried out at the R6 and R8 stages, evaluating plant height (cm), SPAD index and Greenseaker index. At the R8 stage, the plants were harvested and productivity (kg/ha), number of total pods (un) and number of lateral branches (un) were evaluated. Subsequently, data analyses were performed in the R computational environment and Tukey's test to compare the means. The application of foliar fertilizers to soybean crops at the R5.0 stage helps grain filling and weight gain, in addition to improving the phytotechnical characteristics of the soybean cultivar. Spraying foliar fertilizers at the R5 stage promotes gains in soybean production, as well as in its production components, with Bortrac foliar fertilizer providing the highest productivity, 6312.2 kg/ha, at a dose of 0.25%.

**Keywords:** Glycine max L.; production components; micronutrients.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do experimento de campo durante o ano agrícola de 2023/24. 20
- Figura 2** –Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett, testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre altura de plantas e índice SPAD no estágio de R6 da soja. 25
- Figura 3** - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre índice green seeker em R6 e altura final de plantas em no estágio de R8 em soja. 28
- Figura 4** - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre número de ramos laterais, altura de inserção da primeira vagem em soja. 29
- Figura 5** - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre o número de vagens total e produtividade da soja. 31

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Caracterização química e física do solo de Ijaci-MG, CDTT/UFLA, no ano agrícola de 2023/2024. 21
- Tabela 2** – Produtos, composição dos fertilizantes foliares e dosagens utilizadas no experimento. 22
- Tabela 3** – Resumo da análise de variância (ANAVA) do experimento para as variáveis altura de plantas no estágio de R6 (ALT-R6), índice SPAD no estágio de R6, índice de vegetação green seeker no estágio de R6 (GSK-R6), altura de plantas em R8 (ALT-R8), número de ramos laterais (NRL), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens total (NVT) e produtividade (PROD). 24

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Panorama da cultura da soja</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Manejo para superar estresse ambiental</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Bioestimulantes</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Fertilizantes foliares</b>	<b>18</b>
<b>3 OBJETIVO</b>	<b>20</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>34</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr) é de suma importância para o agronegócio nacional, destacando-se devido a sua vasta utilização, como produção de farelo, como fonte de proteínas na nutrição animal (Harisman *et al.*, 2019; Maza-Ortega *et al.*, 2021), e como óleo, para consumo humano sendo utilizado, em menor escala, para produção de cosméticos, remédios, plásticos, tecidos, biodiesel e outros (CONAB, 2024).

A produção de soja no Brasil destaca-se nacionalmente e internacionalmente, concorrendo com a produção de países como: Estados Unidos e Argentina. No entanto, para que a agricultura brasileira se mantenha como a primeira no mercado internacional, é necessário que a média de produção nacional seja mais sustentável, produzindo mais soja em menor área, diminuindo as áreas de expansão agrícola (Hansel *et al.*, 2019).

Para que se estabeleça uma agricultura mais sustentável, deve-se reduzir as perdas e aumentar a expressão dos componentes de produção (Folberth *et al.*, 2020). Os componentes de produção da cultura da soja são, em partes, passíveis de manejo, sendo o estande de plantas (densidade de plantas) por metro linear, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso dos grãos (densidade), fatores que se manejados de maneira adequada podem proporcionar incrementos na produção (Xu *et al.*, 2021).

No entanto, os componentes de produção podem ser afetados pelos fatores abióticos, como temperatura, precipitação, irradiação, fertilidade do solo, declividade do solo, assim como fatores bióticos, como genética do cultivar, ataque de pragas, doenças e interferência de plantas daninhas sobre a cultura (Radha *et al.*, 2023; Sarkar *et al.*, 2021). Sendo assim, manejar os fatores passíveis de alteração como, condições de fertilidade do solo, nível de pH, teores de ferro e alumínio (tóxicos) e disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes, pode contribuir maiores produtividades da cultura da soja e melhor uso da área (Bossolani *et al.*, 2021).

Outros fatores que podem ser manejados, são a adequação do cultivar as condições ambientais, considerando que a soja é uma cultura sensível ao fotoperíodo (Hitz *et al.*, 2019); população de sementes que serão depositadas na área com a semeadora e se esta população de plantas é adequada para aquela cultivar, possibilitando maior número de vagens, de grãos nas vagens e densidade dos grãos (Gonyane; Sebetha, 2021); aplicações para reduzir perdas por infestação de pragas, doenças e concorrência de plantas daninhas (Scavo; Maurômica, 2020); e suplementação durante o ciclo com fertilizantes foliares via pulverização foliar.

As pulverizações com fertilizantes foliares vêm sendo muito adotadas nas lavouras, entretanto, na dose, época de aplicação e fontes discrepantes, não gerando ganhos expressivos sobre os cultivares utilizados (Matcham *et al.*, 2021), com isso, mantendo a produtividade média brasileira em torno de 3.600 kg/ha, média essa considerada baixa, especialmente para áreas de fertilidade construída, na região Sul de Minas Gerais.

Logo, alinhar pulverizações de bioestimulantes via foliar, na dosagem mais adequada, pode proporcionar aumento da expressão dos componentes de produção da soja, e com isso impactar a produtividade final da lavoura (Rouphael *et al.*, 2020). Sendo assim, realizar o refinamento quanto a qual fertilizante foliar deve ser aplicado e a dosagem ideal que deve ser utilizada, proporcionará respostas significativas, que tornarão o sistema de produção agrícola brasileiro mais produtivo e eficiente.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Panorama da cultura da soja**

A produção brasileira de grãos alcançou 297,5 milhões de toneladas na safra de 2023/24, uma redução de 7,0% (22,3 milhões de toneladas) em comparação à safra de 2022/23. Esta redução deve-se principalmente à influência negativa do fenômeno El Niño em 2023, afetando o clima desde o plantio até as fases reprodutivas das lavouras da primeira safra, assim como a produção de soja que foi de 147,3 milhões de toneladas, uma redução de 4,7% em relação à safra anterior, que foi a maior já registrada no país (CONAB, 2024).

O Brasil, desde 1970, alterou sua situação, saindo de importador líquido de commodities básicas para uma potência agrícola global, isso graças a um plano estratégico que incluiu subsídios agrícolas, investimentos em pesquisa com a criação da Embrapa, e projetos de infraestrutura (Qiang *et al.*, 2019). Nos últimos anos, o setor agrícola representa mais de 20% do PIB e o Brasil é um dos maiores exportadores de soja, açúcar, frango, café e carne bovina (Zilli *et al.*, 2020).

A cultura da soja ocupa na safra de 2023/24 área plantada de mais de 45 milhões hectares em todo Brasil, sendo o estado com maior produção de soja o Mato Grosso, seguido do Paraná e Rio Grande do Sul, sendo o motivo de queda de produção o terceiro maior produtor de soja no país, Rio Grande do Sul ter sofrido com as altas precipitações. Apesar da

queda de produção desta safra, o aumento dos preços da soja vem estimulando o aumento de áreas de soja (CONAB, 2024).

No entanto, a população mundial até 2050 possui previsão de aumentar de 8 bilhões de pessoas em 2024, para 10 bilhões (Léridon, 2020), e o aumento da demanda por recursos, como, soja, milho, trigo, açúcar, carne e laticínios nos países (Beltran-Peña *et al.*, 2020), pode elevar os preços destes, agravando a insegurança alimentar (Neupane *et al.*, 2022; Mughal *et al.*, 2020).

O complexo soja e do biodiesel em 2023/24 empregou em torno de 2,3 milhões de pessoas, 10,74% acima do ano anterior, garantindo novo recorde no mercado de trabalho dessa cadeia. Além disso, os empregos indiretos nos segmentos de insumos e agroindústria, que cresceram respectivamente em 6,15% e 17,04%, refletiram os excelentes resultados das produções dentro da porteira e agroindustrial, que estimularam os segmentos a montante e a jusante na cadeia produtiva (CEPEA, ABIOVE, 2023).

As exportações do complexo soja do Brasil mantiveram sua importância estratégica tanto no cenário global quanto no contexto do agronegócio brasileiro, representando aproximadamente 40,39% das exportações totais do setor (AGROSTAT, 2023). Este aumento substancial das exportações da cadeia de soja e do biodiesel pode ser atribuído a uma combinação de diversos fatores, com destaque para a crescente demanda global por produtos agrícolas, especialmente por parte da China, que é o principal destino das exportações brasileiras de soja (CNA, 2023).

Outro fator que contribuiu para o aumento das exportações brasileiras na cadeia de soja e biodiesel em 2023 foi a quebra de safra na Argentina, um dos principais concorrentes do Brasil nesse mercado internacional. As condições climáticas adversas, marcadas por déficits hídricos e temperaturas extremas durante a safra, afetaram muito a colheita, ocorrendo em fases críticas do ciclo de desenvolvimento da soja (AMIS, 2023). Com isso, para evitar possíveis quedas de produção no Brasil, assim como ocorreu na Argentina devido a estresses ambientais, são necessárias estratégias de manejo e tecnologias que permitam aos produtores utilizarem de maneira eficiente e com isso não terem sua produção comprometida devido ao ambiente desfavorável.

## **2.2 Manejo para superar estresse ambiental**

A crescente instabilidade ambiental, com anos de muitas chuvas, calor, ou então de pouca chuva e muito frio, impacta o sistema de produção agrícola tornando imprevisível, ou

de difícil previsão (Ortiz-Bobea *et al.*, 2021). No entanto, para minimizar os efeitos ambientais, é possível realizar manejos que tornam viável realizar o cultivo em áreas de estresse ambiental (Seleiman *et al.*, 2021).

A adoção do sistema de plantio direto (SPD) é um dos manejos que torna viável o cultivo de soja em áreas desfavoráveis, como de elevada acidez, salinidade, baixa disponibilidade de chuvas e fertilidade natural baixa (Sousa *et al.*, 2023). O SPD, para que ele seja realizado de fato, e de maneira eficiente é preciso que o produtor realize a rotação de culturas, tornando seu sistema produtivo mais dinâmico e circular (Saulic *et al.*, 2022), evitando que uma mesma cultura sobreponha sua palhada na área; realizar o mínimo revolvimento do solo, manutenção de matéria orgânica e palhada e, se possível, introduzir culturas que aumentem o teor de matéria orgânica, como plantas de cobertura (Hu *et al.*, 2021).

Outro manejo interessante para minimizar estresse ambiental, como déficit hídrico ou alta temperatura, é a correção do solo de forma efetiva, com uso da dose correta de calcário (Santos *et al.*, 2020; Yakuwa *et al.*, 2022), e em profundidade, permitindo que o sistema radicular cresça sem problemas de acidez do solo e íons tóxicos, permitindo que supere os períodos críticos, sem perder o potencial produtivo (Bossolani *et al.*, 2021). A cultura da soja, muitas vezes é empregada em áreas de abertura, no qual a fertilidade do solo ainda está baixa e em construção de perfil, logo, utilizar estratégias que permitam realizar o cultivo de soja mesmo em áreas de estresse por baixa fertilidade, são necessárias. E a adoção da aplicação de fertilizantes foliares emerge como opção viável (Ahmad *et al.*, 2013). Assim como a adoção de plantas de cobertura, como adubos verdes e condicionantes de solo para superar o estresse abiótico (Nascente *et al.*, 2015).

Nesse sentido, a adoção de plantas de cobertura constitui técnica de manejo possível de adoção, pois além de agregar matéria orgânica no sistema de produção, que retém umidade do solo, serve de condicionante para o crescimento do sistema radicular (Zhang *et al.*, 2022). E ainda as plantas de cobertura possuem importante papel de quebra de ciclo de pragas e patógenos, além de contribuir para a descompactação do solo (Shackelford *et al.*, 2019), mudando as condições atuais dos sistemas de produção, que realizam muitas vezes o sistema de produção soja e pousio, que não agrega matéria orgânica no sistema de produção e deixa a área descoberta para infestação com plantas daninhas.

Ademais, vem se utilizando o manejo com bioestimulantes tanto via solo, com aplicação de produtos biológicos, como inoculantes, fertilizantes orgânicos, aminoácidos e produtos que promovem o melhor estabelecimento da cultura na área, como também via foliar

com aplicação de produtos concentrados, como fertilizantes foliares, aminoácidos, extrato de algas e produtos biológicos, que podem ser aplicados no momento chave, auxiliando a superar os períodos de estresse, e até mesmo gerando ganhos de produção (Repke *et al.*, 2022).

### 2.3 Bioestimulantes

Os bioestimulantes são misturas de substâncias naturais, como aminoácidos, reguladores de crescimento, compostos de natureza química distintas, que promovem e estimulam os processos fisiológicos da cultura, como melhoria na disponibilidade de nutrientes na rizosfera, eficiência do uso de nutrientes, tolerância ao estresse ambiental, promoção das características fenotípicas e produção da cultura (Arejano *et al.*, 2022; Bulgari *et al.*, 2019).

Na legislação do Brasileira, a classificação dos bioestimulantes consta como, produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante (MAPA, 2021).

Os bioestimulantes possuem diferentes modos de ação, variando com a composição do produto, podendo atuar de forma específica ou geral (Franzoni *et al.*, 2022). Mas, a grande maioria dos bioestimulantes atuam na promoção do crescimento da parte aérea, raízes, desenvolvimento de galhos, flores e frutos, e produção da cultura (Drobek *et al.*, 2019). Com isso, fazer o uso de bioestimulantes é uma alternativa interessante e viável, devido a não comprometer operações de manejo durante o ciclo da cultura, do ponto de vista operacional, além disso, tornar-se viável o cultivo de distintas culturas, mesmo em ambientes desfavoráveis.

Em condições estressantes, como em excesso de energia luminosa, há o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), perturbando a homeostase celular e causando um ambiente oxidativo nas células (Farooq *et al.*, 2019). As espécies reativas de oxigênio causam danos nas plantas, como nas proteínas, ácidos nucleicos, lipídeos, pigmentos fotossintéticos, além da estrutura celular, podendo até levar a morte celular programada (Carvalho *et al.*, 2016). O dano oxidativo aos lipídios da membrana é caracterizado pela produção de um composto denominado malondialdeído (MDA), que é um produto da

peroxidação lipídica nociva se atingir as membranas dos tilacóides dos cloroplastos, cuja desestruturação pode prejudicar diretamente a eficiência fotossintética das células vegetais (Mansoor *et al.*, 2022).

Uma alternativa para superar momentos de condições de estresse é a aplicação de bioestimulantes, que auxiliam na proteção das plantas, ativando o sistema antioxidativo e reduzindo os efeitos adversos causados pelos estresses ambientais, diminuindo assim as perdas agrícolas (Zuzunaga-Rosas *et al.*, 2023). Dessa forma, os bioestimulantes são considerados insumos agrícolas capazes de atenuar os danos às plantas e reduzir as perdas agrícolas (Yakhin *et al.*, 2017).

Nesse sentido, prática consolidada e que viabiliza o cultivo da soja e outras leguminosas em todo território brasileiro é o uso de inoculantes na soja, com o *Bradyrhizobium sp.*, que garante a fixação biológica de nitrogênio, permitindo que o produtor economize no fornecimento de nitrogênio no sistema de produção, e tenha produção destas culturas sem problemas de deficiência nutricional. Na agricultura moderna, o uso de inoculantes faz-se prática indispensável (Melo *et al.*, 2023; Moreira, *et al.*, 2023). Logo, para uma agricultura mais produtiva e sustentável, são necessários mais estudos com bioestimulantes, visto que o mercado está exigindo menos uso de produtos químicos e com isso, o uso de produtos derivados de substâncias naturais vem se mostrando como alternativa.

## **2.4 Fertilizantes foliares**

A expansão da demanda por alimentos vem aumentando cada vez mais, com isso, o aumento por tecnologias que contribuam com aumento da produção agrícola vem crescendo. Uma das tecnologias que vem sendo empregada na agricultura é o uso de bioestimulantes, em especial o uso de fertilizantes foliares, que são classificados como biofertilizantes ou mesmo bioestimulantes por possuírem em sua composição substâncias naturais ou derivados (de Souza *et al.*, 2021, MAPA, 2021).

Os fertilizantes foliares são, muitas vezes, formulados com complexos de aminoácidos, disponibilizando não somente nutrientes, mas outros componentes necessários para o metabolismo e sanidade da planta, como adjuvantes para maximizar a eficiência dos produtos, açúcares que aceleram absorção e translocação, e estabilizantes que permitem que os fertilizantes foliares não percam eficiência de maneira rápida. Os aminoácidos são rapidamente incorporados ao metabolismo, como se fossem sintetizados naturalmente pela planta, contribuindo para o processo de desenvolvimento e crescimento (Lima *et al.*, 2009).

O uso de fertilizantes foliares ocorre desde a década de 1990, no entanto antes era feita de maneira rústica, com aplicação de substâncias orgânicas, como esterco e subprodutos (Coelho *et al.*, 2019). No entanto, com a necessidade de compreender os ganhos que essas aplicações geram, vem crescendo os estudos na área de fertilizantes foliares.

A aplicação de fertilizante foliar inorgânico pode resultar em dificuldades na absorção e migração de nutrientes nas plantas (Niu *et al.*, 2020). A baixa mobilidade de alguns nutrientes, como o cálcio, enxofre, boro, ferro, zinco e cobre; e a baixa penetração através da cutícula foliar causam perdas do fertilizante foliar aplicado (Sfredo, 2008; Ríos *et al.*, 2019). Porém, dentre as vantagens verificadas quanto ao uso dos fertilizantes foliares pode-se mencionar: a absorção imediata dos nutrientes pelas folhas; ação rápida sobre a parte aérea, além de proporcionar a produção de alimentos mais saudáveis, com menor impacto ao meio ambiente; enriquecimento das plantas com garantia de maior resistência ao ataque de pragas e doenças; e menor custo quando confrontado aos fertilizantes químicos (Ninama *et al.*, 2023).

Outras vantagens são que a aplicação foliar, proporciona soluções, como distribuição uniforme e fácil, manejo simples, ou seja os fertilizantes foliares podem ser misturados com outros produtos sem perdas de eficiência e comprometimento de outros produtos, além disso diagnosticar deficiências de maneira rápida e corrigi-las de maneira eficiente, sem prejuízos a produção (Calonego *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a cultura da soja vem sendo fundamental na promoção de estudos na área de aplicação de fertilizantes foliares, como por exemplo uso de fontes a base de cálcio e boro na manutenção de estruturas florais da soja, aplicação de nitrogênio e magnésio no estágio de enchimento de grãos, aplicação de zinco, manganês e boro após a floração para manutenção de vagens (Calonego *et al.*, 2010; Ratke *et al.*, 2020; Ferrari, Boiago, 2022). Sendo assim, refinar estudos na área são necessários para que ocorra o uso sustentável dos fertilizantes foliares na soja e para que o impacto seja benéfico à cultura, causando incrementos de produção (Espada, 2021).

O teto produtivo da cultura da soja pode ser alcançado quando se trabalha utilizando fertilizantes com complexo de nutrientes, ou seja, fornecem os macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), os micronutrientes (B, Zn, Fe, Cu, Cl, Mo, Mn e Ni) e os elementos benéficos, como cobalto, silício, selênio e iodo, que vem sendo motivo de estudos recentes (Souza, 2023; Lima *et al.*, 2023). Logo, para explorar o potencial máximo do produto aplicado e a sua potencialidade é importante conhecer a sua composição, doses adequadas para aplicação, tempo residual do fertilizante foliar, forma de aplicação, tamanho de gota, momento da aplicação e as características da planta que está sendo cultivada.

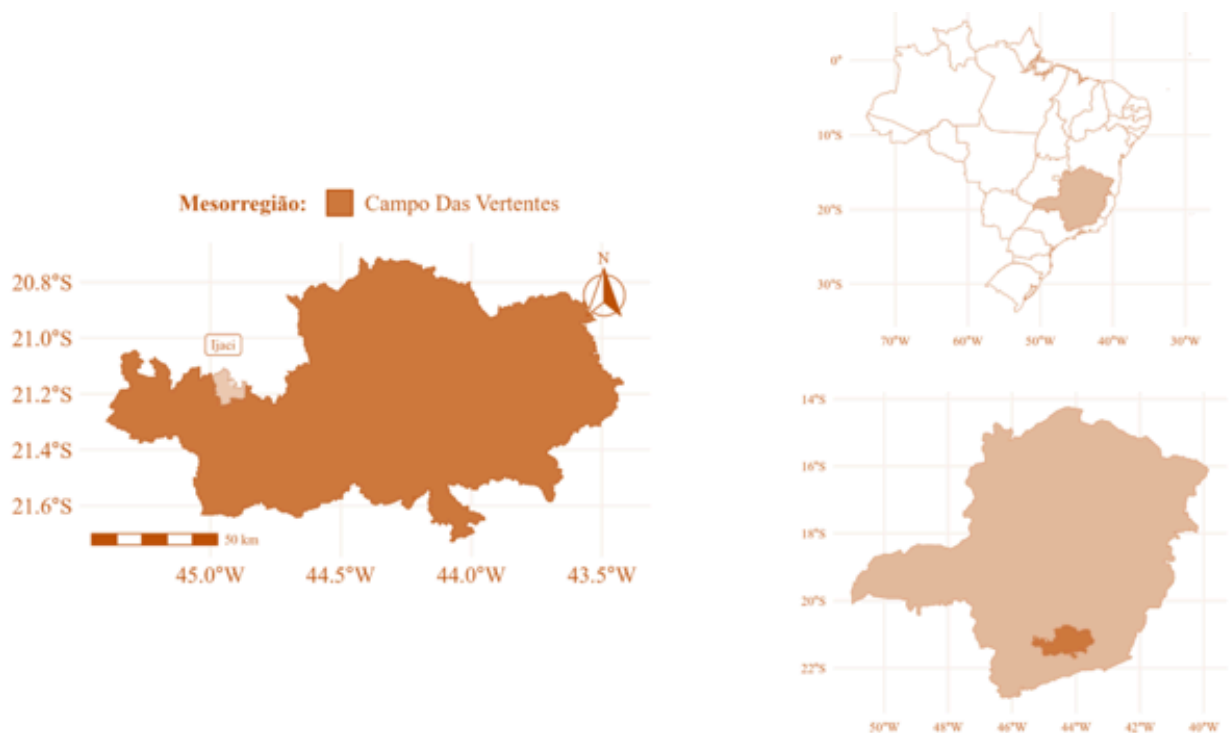
### 3 OBJETIVO

Avaliar o efeito de diferentes doses de fertilizantes foliares sobre a produtividade na cultura da soja.

### 4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na fazenda Palmital, da Universidade Federal de Lavras (CDTT-UFLA), localizada em  $21^{\circ}09'48.6''\text{S}$   $44^{\circ}55'04.1''\text{W}$  (Figura 1) no município de Ijaci-MG, altitude de 840 m, nas condições de fertilidade de solo apresentadas na Tabela 1, analisando utilizando o triângulo textural do solo, na profundidade de 0-20cm, o solo foi classificado como argiloso (Tabela1).

Figura 1- Localização do experimento de campo durante o ano agrícola de 2023/24, na camada de 0-20cm



Fonte: Do autor (2024).



Tabela 1 – Caracterização química e física do solo de Ijaci-MG, CDTT/UFLA, no ano agrícola de 2023/2024.

pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	
	----- Mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> -----							8
6,5	144,77	21,02	-	4,01	1,16	0,10	2,50	5,54	5,64	0	
										4	
V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S		
----- % -----		dag/kg	mg/L	-----cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> -----							
68,92	1,77	2,58	22,00	5,60	25,10	13,50	1,02	0,06	6,70		
Argila				Silte			Areia				
-----dag/ kg-----											
51				5			44				

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrator Mehlich 1. pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> - Relação 1:2,5; Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al- Extrator: SMP; Matéria Orgânica (MO) - Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> mol/L+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mol/L; B- Extrator água quente. S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados completos, com três repetições de cada parcela, em esquema fatorial (3x6) +1, sendo 3 doses x 6 fertilizantes foliares + testemunha, como tratamento adicional. A parcela total foi constituída de cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas entre si em 0,6 metros; A parcela útil foi composta das duas linhas centrais.

A cultivar utilizada no experimento foi a NEO 531 com população de 320 mil plantas por hectare. Os fertilizantes foliares (bioestimulantes) utilizados foram: Ácido bórico, Biotrac®, Bortrac®, Zintrac®, Hold® e Sett®, mais a testemunha (sem aplicação), como tratamento adicional. As doses adotadas nos tratamentos, foram de 25%, 50% e 100% da dosagem recomendada pela bula (Tabela 2).

A semeadura foi realizada sob o sistema de plantio direto (SPD), realizando o mínimo revolvimento do solo, manutenção permanente da cobertura do solo (palhada) e rotação de cultura do sistema de produção da área (Carvalho *et al.*, 2004). A adubação da área experimental foi realizada segundo análise de solo e exigência da cultura (Van Raij *et al.*, 1997), objetivando o máximo potencial produtivo da cultura. Na semeadura foi realizada a inoculação das parcelas via micron, com inoculação do SimbioseNod líquido, que é um inoculante composto pela bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, sendo colocado dez vezes a dose recomendada em bula.

Tabela 2 – Produtos, composição dos fertilizantes foliares e dosagens utilizadas no experimento.

Produtos	Composição	Doses
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> - 17,0%	350 g/ha
		700 g/ha
		1000 g/ha
Biotrac®	N - 5,6% K <sub>2</sub> O- 2,3% B - 1,1% Zn - 1,1% Co- 10%	0,50 L/ha
		1,00 L/ha
		3,00 L/ha
		117g/ha
		0,25 L/ha
Bortrac®	N – 4,0% B- 10,9%	0,50 L/ha
		1,00 L/ha
		0,25 L/ha
Zintrac®	N – 1,0% Zn – 40,0%	0,5 L/ha
		1,00 L/ha
		0,25 L/ha
Hold®	N – 5,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 5,0% S – 1,0% Co – 2,0% Mo – 3,0%	0,25 L/ha
		0,50 L/ha
		1,00 L/ha
		1,00 L/ha
		0,25 L/ha
Sett®	N – 5,0% Ca – 10,0% B – 2,0%	1,00 L/ha
		3,00 L/ha
		6,00 L/ha
Testemunha	Sem aplicação	0

Fonte: Do autor (2024).

O manejo durante a cultura foi realizado conforme Thomas (2010), visando manter o controle de pragas, doenças e plantas daninhas durante o cultivo da soja.

A pulverização dos fertilizantes foliares foi realizada no estágio fenológico de R5.0 (Fehr; Caviness, 1977), no início do enchimento de grãos. As avaliações realizadas foram: altura de plantas no estágio de R6 e R8, índice SPAD (concentração de clorofila) no estágio de R6, e o sensor greenseeker (índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI) em R6, sendo estas três avaliações realizadas em cinco plantas por parcela, para obtenção do parâmetro (Sant’Ana Evp *et al.*, 2010; Ntech Industries, 2008; Raun *et al.*, 2005).

Ao final do ciclo da soja, no estágio de R8, foram avaliados a altura de inserção da primeira vagem, o número de ramos laterais, e o número de vagens total, considerando 5 plantas por parcela.

As avaliações de produção do experimento foram realizadas após a cultura da soja atingir a maturação absoluta, sendo realizada a colheita das duas fileiras centrais. Em seguida a parcela foi pesada e mensurada a umidade, para correção e padronização para a umidade a 13%. Após isso obteve-se a produção e produtividade da parcela em quilogramas por hectare (kg/ha).

Para realização das análises dos dados foi utilizada a plataforma do R (R Core Team, 2020), sendo realizadas as análises prévias para testar normalidade, homocedasticidade e aditividade dos dados e, em seguida, foi realizada análise de variância (ANAVA) (Fisher, 1951). Quando significativos, os dados foram submetidos ao teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade (Chew, 1977), para compreender qual dos tratamentos obteve maiores médias e permitir distinguir uma das outras.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a Tabela 3, observou-se que o coeficiente de variação está abaixo de 15,0% em sete das oito variáveis resposta, sendo considerado dados de alta confiabilidade. Somente a variável número de ramos laterais apresentou coeficiente de variação acima de 30,0% e isso deve-se ao número de ramos laterais ser uma característica quantitativa, afetada por fatores genéticos (intrínsecos da cultivar), de manejo (pulverização de fertilizante foliar, uso de reguladores de crescimento, herbicidas, fungicidas) e devido a estande de plantas implementando sobre a área.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do experimento para as variáveis altura de plantas no estádio de R6 (ALT-R6), índice SPAD no estádio de R6, índice de vegetação greenseeker no estádio de R6 (GSK-R6), altura de plantas em R8 (ALT-R8), número de ramos laterais (NRL), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens total (NVT) e produtividade (PROD).

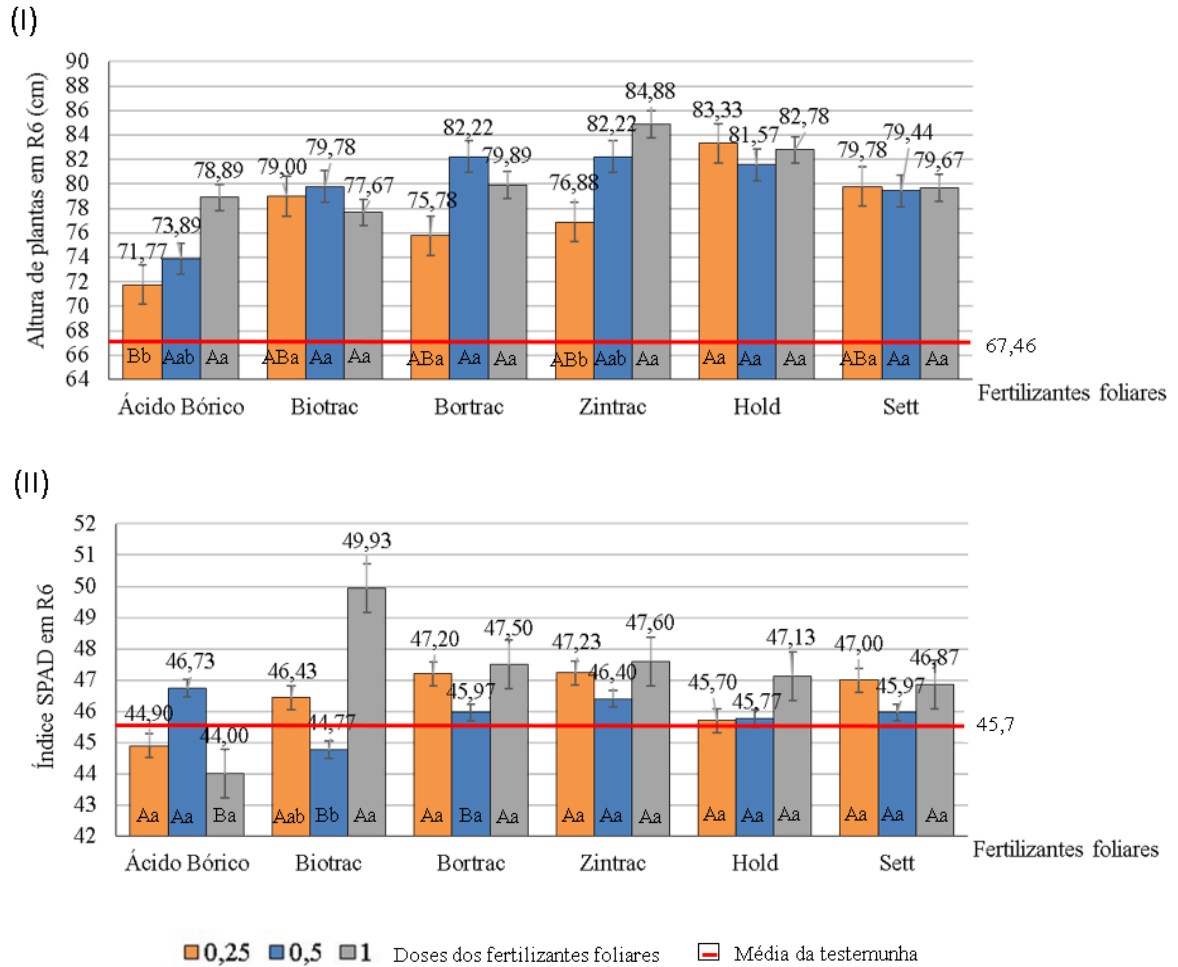
Variáveis	$\mu$ geral	Produtos(P)	Doses(D)	P * D	Tratamentos	CV%
ALT-R6	78,783	< 0.001 **	0,046 *	0,185 ~	< 0.001 **	4,370
SPAD-R6	46,463	0,251 ns	0,133 ns	0,160 ~	0,140 ns	3,910
GSK-R6	77,336	0,004 **	0,057 ns	0,22 ~	0,011 *	4,270
ALT-R8	79,796	0,003 **	0,042 *	0,127 ~	0,002 **	6,610
NRL	1,930	0,007 **	0,102 ns	< 0.001 **	< 0.001 **	35,290
AIPV	8,960	< 0.001 **	0,907 ns	0,008 **	< 0.001 **	13,200
NVT	34,895	< 0.001 **	0,269 ns	< 0.001 **	< 0.001 **	14,000
PROD	5567,334	< 0.001 **	< 0.001 **	0,004 **	< 0.001 **	5,670

\*, \*\*, ns, ~ = significativo a 5%, 1%, não significativo, significativo < 0,250; respectivamente, pelo teste F.

É possível observar que a interação produtos e doses foi significativo para número de ramos laterais, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens total e produtividade a 99,00% de significância. Já a altura de plantas no estádio de R6, não foi significativo para interação produtos e doses, mas foi significativo, para os fatores de forma separada, assim como altura de plantas no estádio de R8. O índice de vegetação greenseeker no estádio de R6 foi significativo somente para produtos, e o índice SPAD no estádio de R6, não foi significativo para produtos nem para doses, no entanto, segundo os pressupostos de que a interação é considerada não significativa apenas quando o p-valor associado a ela for maior que 0,250 (Perecin *et al.*, 2008), procedeu-se ao desdobramento da interação.

Verificou-se ganho das aplicações dos produtos em diferentes doses, em relação à testemunha sem nenhuma aplicação de fertilizante foliar em todas as variáveis estudadas (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Figura 2 –Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett, testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre altura de plantas e índice SPAD no estágio de R6 da soja.



Fonte:Do autor 2024

De acordo com o teste de Tukey, o nível de significância é de 95% de confiabilidade. Letras maiúsculas para produtos; e letras minúsculas para doses; na linha horizontal a testemunha. (I) Altura de plantas em R6 (cm); (II) Índice SPAD no estágio de R6.

A altura de plantas no estágio de R6 foi significativamente aumentada após a pulverização dos produtos foliares (Figura 2.I). A partir da metade da dose, independente do produto aplicado, já se observou um crescimento superior das plantas, sendo a diferença na altura das plantas com aplicação dos fertilizantes foliares na dose 1, para a testemunha sem aplicação, em média, de mais de 13,00 cm; e quando observado o único tratamento que diferiu dos demais quanto ao fertilizante foliar, o ácido bórico na dosagem de 0,25, este foi 4,31 cm maior que a testemunha, sem aplicação alguma de fertilizantes foliares. E já observando do ponto de vista numérico, podemos aventar que a maior média foi do

tratamento com zintrac na dosagem 1,0, proporcionando uma diferença em comparação a testemunha de 17,42 cm, ou seja por mais que os tratamentos com aplicação de fertilizantes foliares não variaram tanto, ao ponto de gerar muitas comparações entre as médias, a diferença da maior média e menor média para a testemunha sem aplicação gerou ganhos de crescimento.

Esse crescimento maior das plantas possibilita trabalhar com ajuste de estande de plantas, permitindo colocar cultivares de ciclo mais precoce e pulverizar os fertilizantes foliares para prover crescimento das plantas (Nasar *et al.*, 2022); e com cultivares mais tardias que podem reduzir a densidade de plantas para produzir mais ramos laterais e aumentar a produção com o auxílio da aplicação dos fertilizantes foliares (Boldrin *et al.*, 2023).

Outra perspectiva é que entre os fertilizantes foliares tiveram alguns tratamentos diferindo estatisticamente dos demais produtos como foi a situação do ácido bórico, a 25% da dose, apresentando média inferior ao Hold, mas ainda assim sendo superior à testemunha. Esse fato se deve ao tratamento com Hold ser um mix de macro e micronutrientes, atuando em diversas etapas e funções do metabolismo vegetal, permitindo equilíbrio entre as ações intrínsecas da planta (Tripathi *et al.*, 2022).

A explicação para os tratamentos com ácido bórico e zintrac na dosagem de 25% ter apresentado média inferior de altura de plantas em R6 em relação as demais doses, a dosagem não atender as necessidades da planta no estágio em que se encontra, ou seja, por ser o estágio de R5.0 um estágio de definição do componente peso de grãos, as plantas direcionam seus fotoassimilados e nutrientes para os grãos, com isso no estágio de R6, o crescimento é mínimo, a não ser que seja ofertado vários nutrientes, como é o tratamento com Hold, sendo por isso o único tratamento que mesmo na dosagem de 0,25, foi diferente estatisticamente dos demais (Teixeira *et al.*, 2021).

Para o índice SPAD no estágio de R6 (Figura 2.II) verificou-se que ácido bórico na dosagem 1,0 foi inferior na concentração de clorofila que biotrac, sendo também o único tratamento que ficou abaixo da testemunha sem aplicação. Esse comportamento do tratamento à base do biotrac é devido a sua composição e a fase do ciclo em que se encontra a soja.

O biotrac (N - 5,6%, K<sub>2</sub>O- 2,3%, B - 1,1% e Zn - 1,1%), possui em sua composição macro e micronutrientes, que atuam em diferentes funções, o nitrogênio possui alta mobilidade nas plantas, atuando sobre crescimento, desenvolvimento, fotossíntese e é responsável pela cor verde nas folhas; o potássio atua sobre a manutenção osmótica nas plantas, controlando entrada e saída de água, abertura e fechamento de estômatos, mantém turgor e contribui com a absorção de água nas plantas; o boro possui função estrutural

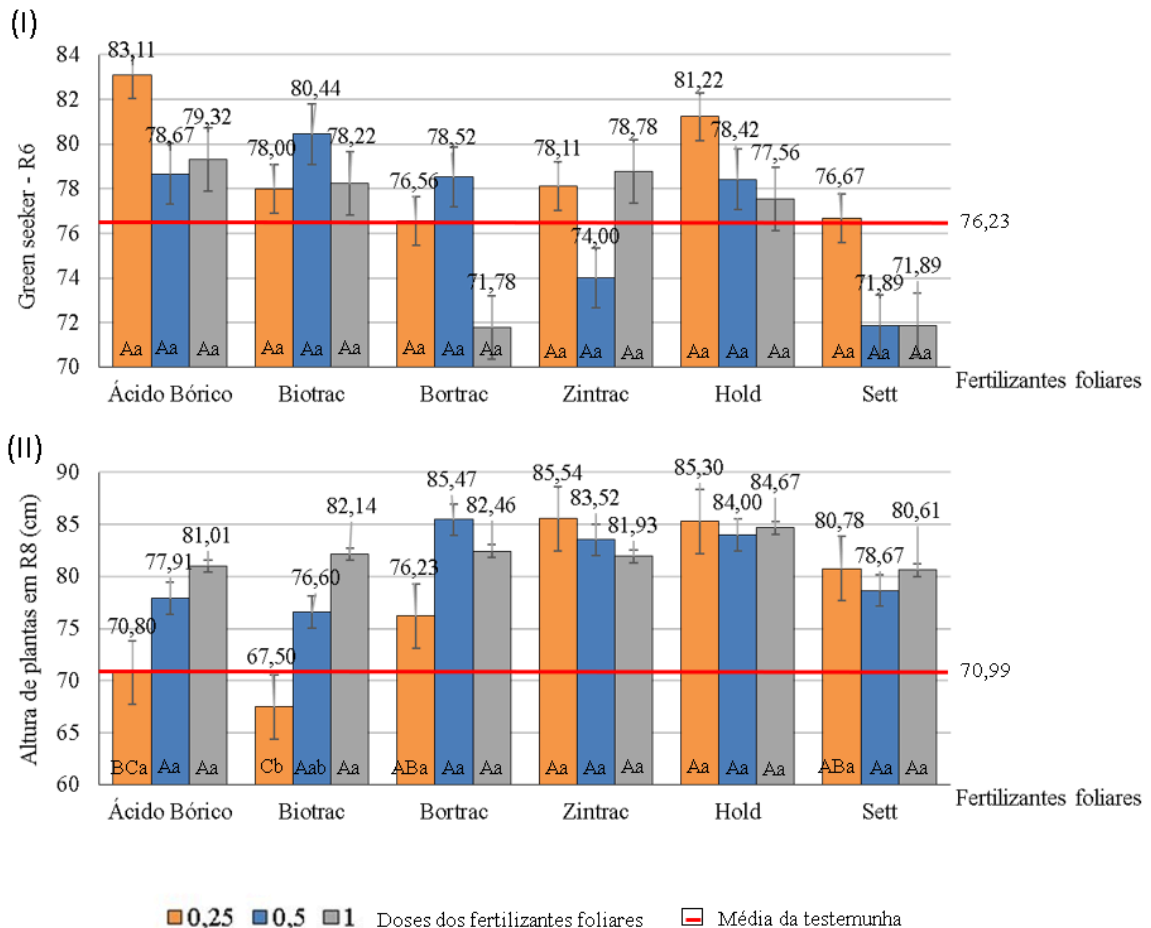
diretamente, contribuindo indiretamente sobre mobilização de hormônios e fotoassimilados, crescimento e desenvolvimento; e o zinco possui função sobre a saúde das plantas, contribuindo com a ativação de enzimas, neutralização de radicais livres e regulação hormonal.

Nesse sentido, o biotrac contribui sobre crescimento e desenvolvimento das plantas, regulação de água e hormônios, e proteção das plantas, evitando com isso a senescência natural que ocorre a partir do estágio de R5, devido ao direcionamento do metabolismo para os grãos (Yamatani *et al.*, 2021), portanto, a fase de desenvolvimento em que a soja se encontra, impactando sobre o índice de concentração de clorofila.

Para o índice de vegetação greenseeker no estágio de R6 (Figura 3.I) Não obteve diferenças significativas para tratamentos e para doses. Mais quando comparado a testemunha, que obteve índice de vegetação de 79,23, verificou-se que na média todos os tratamentos nas diferentes doses foram superiores à testemunha, com exceção apenas para os produtos Sett na dosagem de 0,5 e 1,0, Bortrac na dose 1,0 e Zintrac na dosagem de 0,5.

O sensor de dossel greenseeker mensura o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que está altamente correlacionado com biomassa das plantas (Farias *et al.*, 2023). Logo, afirmar que as plantas de soja partir de R 5.5, não tiveram incrementos sobre a sua biomassa, comprova que por mais que as atuais cultivares de soja possuem hábito de crescimento indeterminado, a partir da definição do peso dos grãos em soja, praticamente cessa seu crescimento e a aplicação de fertilizantes foliares, será pouco eficiente sobre a manutenção dos teores de verde sobre a planta (Lindsey *et al.*, 2020). Isso porque o processo de degradação dos compostos foliares são direcionados para os grãos, que são o principal dreno das plantas de soja (Figura 3.I).

Figura 3 - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre índice greenseeker em R6 e altura final de plantas no estágio de R8 em soja.



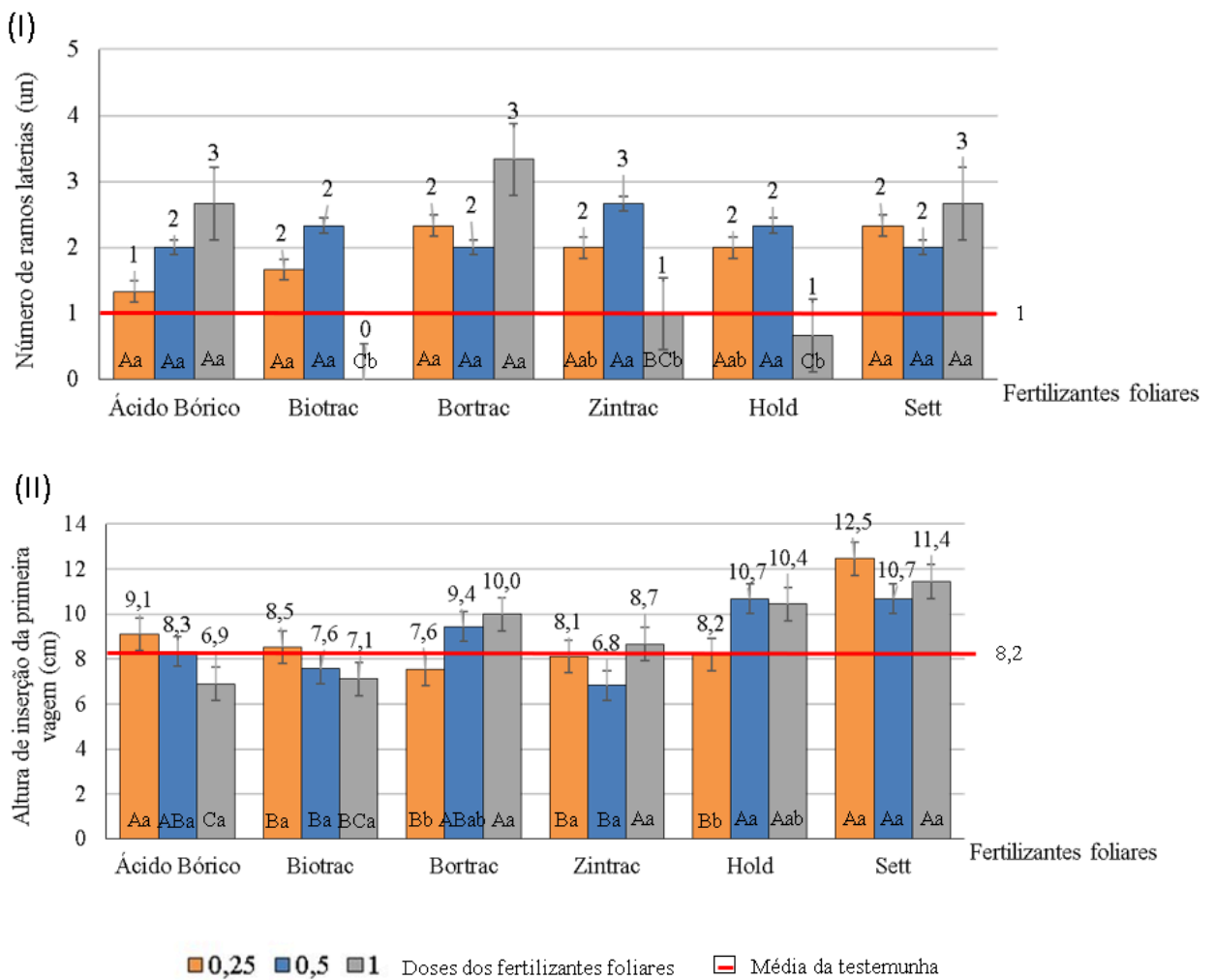
De acordo com o teste de Tukey, o nível de significância é de 95% de confiabilidade. Letras maiúsculas para produtos; e letras minúsculas para doses; na linha horizontal a testemunha. (I) Índice de vegetação greenseeker em R6; (II) Altura de plantas em R8 (cm). Fonte: Do autor (2024).

Já para a altura de plantas no estágio de R8 (Figura 3.II), observou-se que os tratamentos bóricos e Biotrac obtiveram as menores médias de crescimento na dose de 0,25, não diferindo da testemunha. Comparando os fertilizantes foliares, esses dois últimos promoveram menor crescimento em altura em relação ao Zintrac, Hold e Sett. Apenas para o tratamento Biotrac verificou-se influência da dose crescente, no incremento em altura da soja. Isso ocorre, porque os produtos aplicados são multinutricionais, contendo mais de um nutriente, contribuindo em diversas funções na soja, como estruturação da planta como um todo, sinalização e regulação de água e hormônios, proteção contra estresses, crescimento e desenvolvimento (Yang *et al.*, 2020; Patil *et al.*, 2020; Dass *et al.*, 2022).



Na figura 4.I foram apresentados os resultados de número de ramos laterais, os quais foram significativos para interação doses e fertilizantes foliares, logo, verificou-se que os diferentes tratamentos com fertilizantes foliares em dosagens distintas proporcionaram comportamento diferente quanto ao nível de engalhamento da cultura da soja. Os tratamentos com a maior engalhamento foram, ácido bórico, bortrac e sett nas dosagens 1,0, e nas dosagens de 0,25 e 0,5 todos os fertilizantes foliares foram considerados estatisticamente iguais. Na comparação entre doses, as plantas de soja tratadas com biotrac zintrac e hold na dose 1,0, produziram menor quantidade de ramos laterais que as menores doses.

Figura 4 - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre número de ramos laterais, altura de inserção da primeira vagem em soja.



De acordo com o teste de Tukey, o nível de significância é de 95% de confiabilidade. Letras maiúsculas para produtos; e letras minúsculas para doses; na linha horizontal a testemunha. (I)

Número de ramos laterais (un); (II) Altura de inserção da primeira vagem (cm). Fonte: Do autor (2024).

Para o número de ramos laterais com a aplicação de fertilizantes foliares nas maiores médias, verificou-se que se tem um a dois ramos laterais a mais que a testemunha. Essa diferença de ramos laterais ao final do ciclo impacta diretamente sobre a produção final da cultura, visto que mais ramos laterais geram maior estruturação de caule para suportar mais vagens e conseqüentemente grãos (Schon e Blevins, 1987; Dass *et al.*, 2022).

Ainda sobre a diferença de ramos laterais, tal fato se deve ao direcionamento das reservas e do metabolismo para os drenos mais fortes, e ao balanço de fitohormônios que são afetados pela disponibilidade e concentração de nutrientes (Romera *et al.*, 2021; Davies, 2013). Os principais hormônios vegetais envolvidos são citocinina, auxina e giberelinas, promovendo ou inibindo as gemas laterais de soja, variando de acordo com o estágio fenológico da cultura (Ali e Fletcher, 1970). Também o efeito da plasticidade fenotípica das culturas é afetado muito pelo estande de plantas implementado na lavoura, sendo necessário realizar ajuste da população de plantas para que ocorra produção de ramos laterais e se mantenha altas produções (Menegon *et al.*, 2023).

Já para a altura de inserção da primeira vagem, na figura 4.II, os tratamentos com maiores médias foram sett nas três doses, hold na dose de 0,5, zintrac na dose cheia de 1,0, bortrac na dose de 0,5 e 1,0 e ácido bórico na dose de 0,5. E já as menores médias foram com os tratamentos ácido bórico e biotrac na dose 1,0. A testemunha obteve média de 8,2 cm de altura de inserção da primeira viagem. Nesse sentido, é possível observar que a aplicação de fertilizantes foliares impactou na redução da altura de inserção da primeira vagem em alguns tratamentos e outros proporcionaram aumento da inserção.

Esse comportamento se deve a interação genótipo e ambiente, no qual mais plantas na área, ou seja, aumento da densidade de plantas, causa estiolamento destas, e com isso inserção do primeiro legume mais elevada do que o normal (Menegon *et al.*, 2023). Ademais, a carga de flores, vagens e grãos, impacta sobre a manutenção de algumas vagens, que podem ser abortadas, devido a carga elevada da planta (Brevedan *et al.*, 1978).

Segundo Kuzbakova (2022), a altura de inserção do primeiro legume é uma característica genética, portanto de caráter herdável, logo, como o presente trabalho só trabalhou com uma cultivar a NEO 531, não é possível observar o efeito isolado dos fertilizantes foliares sobre as diferentes genéticas das cultivares, com isso, dificultando a distinção da testemunha. Além disso, pode ser afetado pelo ambiente, principalmente sob o efeito da duração do dia, data de semeadura e densidade de plantas (Sacramento *et al.*, 2020).

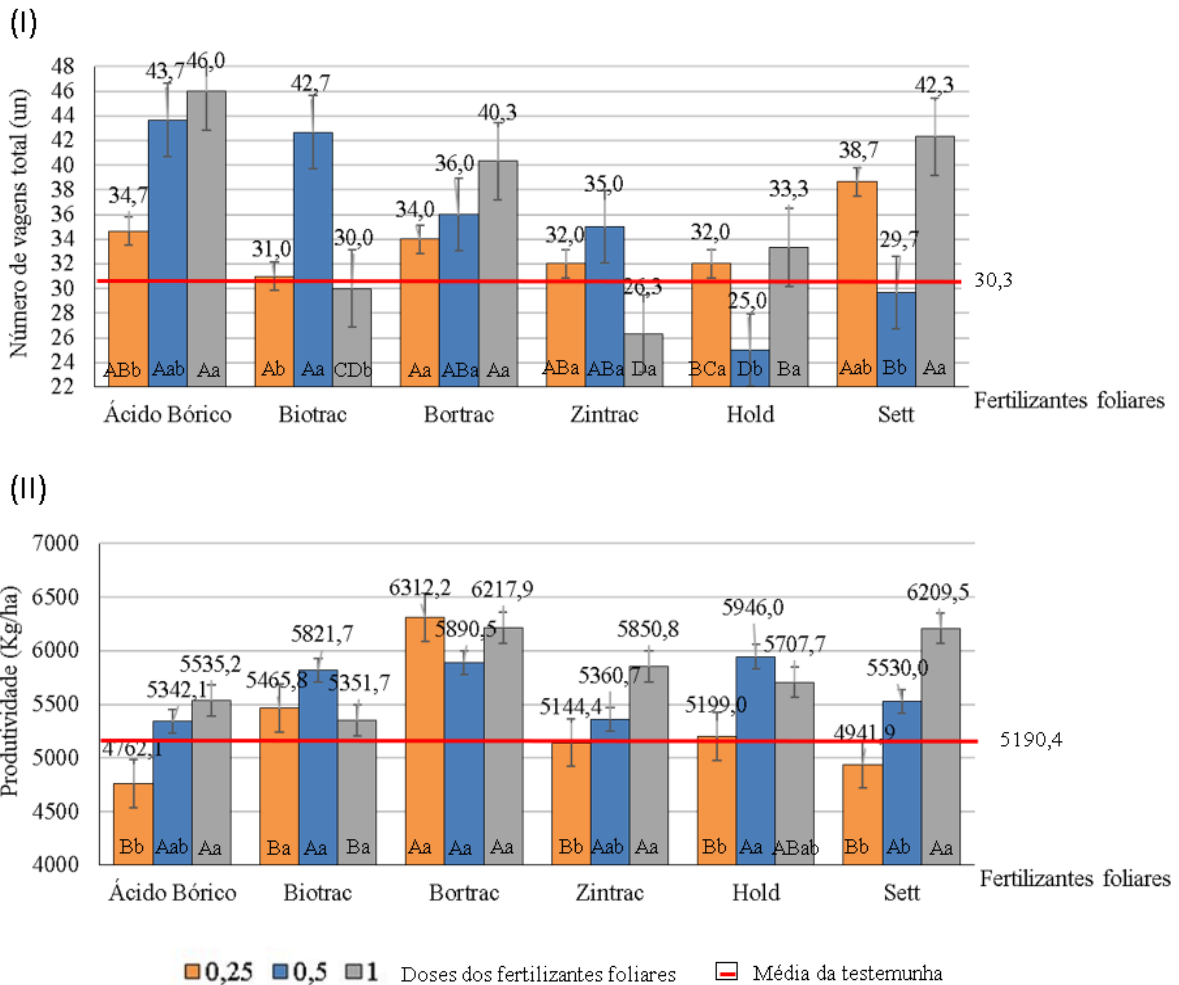
Altura até a primeira vagem, é uma característica importante para a colheita mecanizada de soja, para minimizar a perda de vagens, a altura de inserção da primeira vagem, deve ser superior ao das lâminas de corte da maioria das colhedoras.

E quanto ao número de vagens total (NVT), observou-se ganho variável de acordo com a dose e aplicação dos fertilizantes foliares em comparação à testemunha sem aplicação (Figura 5.I). Comparando entre fertilizantes foliares, observa-se que a aplicação de Ácido bórico, Botrac e Zintrac no estágio de R5.0, nas três doses, pelo teste de Tukey sempre foram considerados com as maiores médias (A). Já os demais fertilizantes foliares, pelo menos em uma das doses, obteve média do número de vagens total considerada inferior à dos outros produtos. Em relação às dosagens, na dose de 0,25 somente o fertilizante foliar Biotrac foi classificado como menor média pelo teste estatístico, produzindo 31 un. Já na dosagem de 0,5 os fertilizantes foliares Hold e Sett, foram considerados com menores médias, produzindo respectivamente 25,0 e 29,7 un, e os demais classificados com médias superiores do número de vagens total. E na dose 1,0 os melhores fertilizantes foliares para produção de número de vagens foram, Ácido bórico, Bortrac e Sett, produzindo respectivamente, 46,0; 40,3 e 42,3 un; e o menor Zintrac, produzindo 26,3 un.

A densidade de plantas, época de plantio, escolha do material genético e período de exposição a luz também são fatores que afetam este componente de produção (Menegon *et al.*, 2023; Cao *et al.*, 2023).

Nesse sentido, constatou-se que a aplicação de fertilizantes foliares impacta no número de vagens total, podendo reduzir, como aumentar este componente de produção, sendo necessário ajuste da dosagem adequada de acordo com o produto (Figura 5.I). Verificou-se que o ganho no número de vagens em relação à testemunha pode ser de mais de quinze vagens por planta, o que impacta sobre todo o metabolismo da soja e na sua produção final. Isso porque, na figura 5.II, o tratamento com maior produção foi o bortrac na dose 0,25 (6.312,2 kg/ha), que obteve número de vagens total de 34,0 un, ficando classificado no grupo de maior média tanto em número de vagens total, quanto em produção. Logo, existe uma correlação muito alta entre esses dois fatores, assim como apresentado por Galeriani *et al.* (2022) e Dass *et al.* (2022).

Figura 5 - Interação de fertilizantes foliares (Ácido bórico, biotrac®, bortrac®, Zintrac, Hold, Sett e a testemunha (sem aplicação)) e doses (25%, 50% e 100% da dose recomendada por bula), sobre o número de vagens total e produtividade da soja.



De acordo com o teste de Tukey, o nível de significância é de 95% de confiabilidade. Letras maiúsculas para produtos; e letras minúsculas para doses; na linha horizontal a testemunha. (I) Número de vagens total (un); (II) Produtividade (kg/ha). Fonte: Do autor (2024).

A diferença quanto ao número de vagens total em soja de hábito de crescimento indeterminado, deve-se à redução de abortamento de flores durante o desenvolvimento da cultura, que foi impactado pela pulverização dos fertilizantes foliares (Chakma *et al.*, 2021). O ácido bórico, por possuir boro em sua composição, que tem função estrutural e desenvolvimento e manutenção do tubo polínico (Brdar-Jokanović, 2020; Fang *et al.*, 2019), pode ter contribuído para que mais flores fossem fertilizadas, impactando na diferença do tratamento com ácido bórico na dose 1,0 para a testemunha, de 16 vagens ao final do ciclo.

Na figura 5.II, observou-se o comportamento da produtividade, no qual os melhores tratamentos foram com a aplicação dos fertilizantes foliares a partir da dose de 0,5, exceto

para Bortrac na dose de 0,25, gerando ganho de produção em relação à testemunha, sem aplicação, de até 1.121,8 kg/ha, ou seja, aproximadamente 18,5 sc/ha, essa diferença de produção impacta diretamente no lucro final do produtor rural, que com 18,5 sc/ha a mais, pode investir melhor em seu sistema de produção.

Os tratamentos considerados mais produtivos foram, ácido bórico, zintrac, hold e sett nas doses de 0,5 e 1,0; biotrac na dose de 0,5 e bortrac nas três doses (0,25; 0,5 e 1,0). E já as menores médias de produção foram com a aplicação de ácido bórico, biotrac, zintrac, hold e sett na dose de 0,25 da bula; estes tratamentos obtiveram médias de produção consideradas iguais à testemunha, com produção média de 5.190,4 kg/ha.

Os fertilizantes foliares, que contribuem para maior número de vagens, componente de produção essencial para altas produções, assim como sobre a maior densidade de grãos, promovem, conseqüentemente, maior produção por área (Oliveira *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2021). A diferença de produção da testemunha para as maiores médias de produção se deve ao momento da aplicação, no período de enchimento de grãos, que inicia em R5.0 e finaliza em R5.5, momento de estresse da planta no qual requer alta demanda de nutrientes, para aumentar as reservas dos grãos e proporcionar capacidade de emergência rápida das plântulas de soja, caso seja direcionada para uso de semente (Dikey *et al.*, 2020; Dass *et al.*, 2022; Jaybhay *et al.*, 2020).

O fornecimento de fertilizantes foliares na cultura da soja, no estágio de R5.0, auxilia o enchimento de grãos e alta densidade, além de aprimorar as características da cultivar de soja (Galeriani *et al.*, 2022; Veneziano *et al.*, 2021). Com isso, constatou-se que a aplicação de fertilizantes foliares no estágio de R5, contribuiu com ganhos de produção e auxiliou na melhoria de características fenotípicas da cultivar NEO 531.

## **6 CONCLUSÕES**

A pulverização de fertilizantes foliares no estágio de R5 promove ganhos de produção da soja, assim como de seus componentes de produção. Além disso, a pulverização de fertilizantes foliares contribui com redução de perdas por abortamento de vagens e de inserção de vagens muito abaixo da plataforma da colhedora.

Os fertilizantes foliares, dependendo da sua composição e dose, impactam em características fenotípicas, como ramos laterais e altura de plantas ao final do ciclo (R8). No entanto, o manejo com a pulverização via foliar de fertilizantes foliares é uma técnica recente, e carece de aprofundamento nos estudos, buscando explicar os impactos fisiológicos no metabolismo das plantas de soja, buscando elucidar melhor os seus efeitos.

O fertilizante foliar que proporcionou a maior produção foi a aplicação de Bortrac® na dosagem de 0,25%, produzindo 6.312,2 kg/ha.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, W., SHAH, Z., KHAN, F., ALI, S., MALIK, W. Maize yield and soil properties as influenced by integrated use of organic, inorganic and bio-fertilizers in a low fertility soil. **Soil in the Environment**, v. 32, n. 2, p. 121-129, 2013.

ALI, A.; FLETCHER, R.A. Hormonal regulation of apical dominance in soybeans. **Canadian Journal of Botany**, v. 48, n. 11, p. 1989-1994. 1970. DOI: <https://doi.org/10.1139/b70-290>

AGROSTAT - MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ([s.d.] -b). Acesso em: 8 de julho de 2024. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>

AMIS – Agricultural market information system - **Secretariat Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italy, 2023. Acesso em: 8 julho de 2024. Disponível em: <<https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview>>.

AREJANO, L. M., *et al.* Uso de bioestimulantes na produção agrícola. **Aspectos da biotecnologia agrícola aplicada**, Canoas, RS, Brazil: Mérida Publishers, 2022. <https://doi.org/10.4322/MP.978-65-84548-08-4.c2>

B. Van RAIJ, B. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: **IAC**, 1997.

BELTRAN-PEÑA, A.; ROSA, L.; D'ODORICO, P. Global food self-sufficiency in the 21st century under sustainable intensification of agriculture. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 9, p. 095004. 2020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9388>.

BOLDRIN, P. F.; BRUCCELI, I. R.; KUBELKE, M. R.; DOS REIS, A. C. P.; DIAS, R. C.; TAVARES, R. L. M.; SIMON, G. A. Potassium and magnesium foliar fertilization increase quality and soybean grain yield. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, [S. l.], v. 16, n. 45, p. 1543–1556, 2023. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n45-004>

BOSSOLANI, J., CRUSCIOL, C., PORTUGAL, J., MORETTI, L., GARCIA, A., RODRIGUES, V., FONSECA, M., BERNART, L., VILELA, R., MENDONÇA, L., REIS, A.

Long-term liming improves soil fertility and soybean root growth, reflecting improvements in leaf gas exchange and grain yield. **European Journal of Agronomy**, v. 128, n.126308, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2021.126308>.

BRDAR-JOKANOVIĆ, M. Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 4, p. 1424. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>.

BREVEDAN, R., EGLI, D., LEGGETT, J. Influence of N Nutrition on Flower and Pod Abortion and Yield of Soybeans1. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 81-84, 1978. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ1978.00021962007000010019X>.

BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. **Agronomy**. v, 9. n.306, p. 1-30. 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>

CAO, F., WEI, R., XIE, J., HOU, L., KANG, C., ZHAO, T., SUN, C., YANG, M., ZHAO, Y., LI, C., WANG, N., WU, X., LIU, C., JIANG, H., CHEN, Q. Fine mapping and candidate gene analysis of proportion of four-seed pods by soybean CSSLs. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. 1, p. 1104022, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1104022>.

CALONEGO, J.C., OCANI K., OCANI M., SANTOS C.H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v. 6 n. 2, p. 20-26, 2010.

CARVALHO, M. A. C. D., ATHAYDE, M. L. F., SORATTO, R. P., ALVES, M. C., ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v. 39, n. 11, p. 1141–1148, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2004001100013>.

CARVALHO, V., CARVALHO NETO, A.A. Espécies reativas de oxigênio em plantas. VI Botânica no Inverno. São Paulo: **Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**, 161-168. 2016.

CNA- ([S.d.]), 2023. Recuperado 8 de julho de 2024, de Org.br website: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/pdf/Balanco-2023-Perspectivas-2024.pdf>

NIU, J., LIU, C., HUANG, M., LIU, K., YAN, D. Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 104 – 118, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3>.

CHAKMA, N., BISWAS, P., HASANUZZAMAN, M. Growth, Flower Dropping, Pod Set and Yield Response of Soybean Varieties as Affected by Supplemental Fertilizer Spray at Flowering. **Bangladesh Agronomy Journal**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 111–117, 2021. <https://doi.org/10.3329/BAJ.V23I2.52460>.

CHEW, V. Comparisons among treatments means in an analysis of variance. Washington: **USDA**, 1977.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 9. **nono levantamento**, junho 2024.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Cadeia da soja e do biodiesel: PIB, empregos e comércio exterior – 4º trimestre de 2023. 2024. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-soja-e-biodiesel-1.aspx>>

DAMETO, L., MORAES, L., MOREIRA, A. 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. 46, n. 9, p. 2077 – 2088, 2022. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2118611>.

DASS, A., RAJANNA, G., BABU, S., LAL, S., CHOUDHARY, A., SINGH, R., RATHORE, S., KAUR, R., DHAR, S., SINGH, T., RAJ, R., SHEKHAWAT, K., SINGH, C., KUMAR, B. Foliar Application of Macro- and Micronutrients Improves the Productivity, Economic Returns, and Resource-Use Efficiency of Soybean in a Semiarid Climate. **Sustainability**, v. 14, n. 10, p. 5825, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14105825>.

DAVIES, PETER J. (Ed.). Hormônios vegetais: fisiologia, bioquímica e biologia molecular. **Springer Ciência e Mídia de Negócios**, 2013.

DE SOUZA, G. B., DA SILVA, J. E. V. C., DA SILVA, B. K. S., DE SOUZA, E. P., FERREIRA, L.E. Potencial de uso do biofertilizante na Agricultura: uma revisão integrativa. **Agronegócio e sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão**, v. 1, p. 13-29, 2021. <https://doi.org/10.37885/211106706>.

DIKEY, H., WANKHADE, R., PATIL, K., SHELKE, S. Resposta de Diferentes Pulverizações Foliares Nutricionais no Crescimento e Produtividade da Soja. **Jornal Internacional de Microbiologia Atual e Ciências Aplicadas**, v. 9, n. 7, p. 4106-4110, 2020. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.483>.



DROBEK, M., FRĄC, M., CYBULSKA, J. Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress - A Review. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 335, 2019. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9060335>.

ESPADA, P.V.S. Importância de os fertilizantes foliares para a produtividade final de grandes culturas (Soja e Milho). 2021. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia - **Universidade Norte do Paraná**, Londrina, 2021.

FANG, K., DU, B., ZHANG, Q., XING, Y., CAO, Q., QIN, L. Boron deficiency alters cytosolic Ca<sup>2+</sup> concentration and affects the cell wall components of pollen tubes in *Malus domestica*. **Plant biology**, v. 21, n.2, p. 343-351, 2019. <https://doi.org/10.1111/plb.12941>.

FARIAS, G., BREMM, C., BREDEMEIER, C., MENEZES, J., ALVES, L., TIECHER, T., MARTINS, A., FIORAVANÇO, G., SILVA, G., CARVALHO, P. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for soybean biomass and nutrient uptake estimation in response to production systems and fertilization strategies. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. v.6, p. 959681, 2023. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.959681>.

FAROOQ, M., NIAZI, A., AKHTAR, J., S., FAROOQ, M., SOURI, Z., KARIMI, N., RENGEL, Z. Acquiring control: The evolution of ROS-Induced oxidative stress and redox signaling pathways in plant stress responses. **Plant physiology and biochemistry**, v. 141, p. 353-369, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2019.04.039>.

FEHR, W. R., CAVINESS, C. E., VORST, J. J. Response of Indeterminate and Determinate Soybean Cultivars to Defoliation and Half-plant Cut-off 1. **Crop Science**, v. 17, n. 6, p. 913-917, 1977. <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700060024x>

FERRARI, J.C.; BOIAGO, N.P. Diferentes doses via foliar do micronutriente boro na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 15, p. 163-171, 2022.

FISHER, R.A. The design of experiments. 6<sup>a</sup> ed. Nova York: Hafner, 1951. 245 p.

FOLBERTH, C., KHABAROV, N., BALKOVIČ, J., SKALSKÝ, R., VISCONTI, P., CIAIS, P., JANSSENS, I., PEÑUELAS, J., OBERSTEINER, M. The global cropland-sparing potential of high-yield farming. **Nature Sustainability**, v. 3, p. 281-289, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0505-x>.

FRANZONI, G., COCETTA, G., PRINSI, B., FERRANTE, A., ESPEN, L. Biostimulants on Crops: Their Impact under Abiotic Stress Conditions. **Horticulturae**, v. 8, n. 3, p. 189, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>.

GALERIANI, T., NEVES, G., FERREIRA, J., OLIVEIRA, R., OLIVEIRA, S., CALONEGO, J., CRUSCIOL, C. Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. **Plants**, v. 11, n.21, p. 2937, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11212937>.

GONYANE, M., SEBETHA, E. The Effect of Plant Density, Zinc Added to Phosphorus Fertilizer Sources and Location on Selected Yield Parameters of Soybean. **Legume Research - an International Journal**, v. 45, n. 2, p. 196-202, 2021. <https://doi.org/10.18805/lrf-647>.

HANSEL, D., SCHWALBERT, R., SHOUP, D., HOLSHOUSER, D., PARVEJ, R., PRASAD, P., CIAMPITTI, I. Uma revisão do rendimento da soja quando cortada duas vezes após o trigo. **Revista de Agronomia**.v. 111, p. 677 – 685, 2019. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ2018.06.0371>.

HARISMAN, K., BIRNADI, S., SUBANDI, M. Desenvolvimento do cultivo da soja como commodity líder na área do agronegócio regional. **Jornal Asiático de Agricultura e Desenvolvimento Rural**, v. 8, n. 2, p. 210–222, 2019. <https://doi.org/10.18488/journal.1005/2018.8.2/1005.2.210.222>

HITZ, T., HARTUNG, J., GRAEFF-HÖNNINGER, S., MUNZ, S. Morphological Response of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Cultivars to Light Intensity and Red to Far-Red Ratio. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 428, 2019. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9080428>.

HU, Y., SUN, B., WU, S., FENG, H., GAO, M., ZHANG, B., LIU, Y. After-effects of straw and straw-derived biochar application on crop growth, yield, and soil properties in wheat (*Triticum aestivum* L.) -maize (*Zea mays* L.) rotations: A four-year field experiment. **The Science of the total environment**, v. 780, p. 146560, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146560>.

JAYBHAY, S., VARGHESE, P., TAWARE, S. Influence of Foliar Application of Nutrient on Growth, Yield, Economics, Soil Nutritional Status and Nutrient Uptake of Soybean. **Legume Research - An international journal**, v. 4, n. 11, p. 1322 – 1327, 2020. <https://doi.org/10.18805/lr-4218>.

LÉRIDON, H. World population outlook: Explosion or implosion? **Population and societies**, v. 573, p. 1-4, 2020.

LINDSEY, A., CRAFT, J., BARKER, D. Modeling canopy senescence to calculate soybean maturity date using NDVI. **Crop Science**, v. 60, p. 172 – 180, 2020. <https://doi.org/10.1002/csc2.20079>.

LIMA, J. D. S., ANDRADE, O. V. S., SANTOS, L. C. D., MORAIS, E. G. D., MARTINS, G. S., MUTZ, Y. S., GUILHERME, L. R. G. Soybean plants exposed to low concentrations of potassium iodide have better tolerance to water deficit through the antioxidant enzymatic system and photosynthesis modulation. **Plants**, v. 12, n. 13, p. 2555, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12132555>.

LIMA, M. DA G. DE S.; MENDES, C.R.; NASCIMENTO, R.DO; LOPES, N.F.; CARVALHO, M.A.P. Avaliação bioquímica de plantas de milho pulverizadas com uréia isolada e em associação com aminoácidos. **Revista Ceres**, v. 56, p. 358-363, 2009.

MENEGON, A., LIMA, S., ALVES, V., CONTARDI, L., CORDEIRO, M., VENDRUSCOLO, E., NUNES, R., NOGUEIRA, A. Soybean Population Management Seeking Greater Grain Productivity. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. e04294, 2023. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-017>.

MANSOOR, S., WANI, O., LONE, J., MANHAS, S., KOUR, N., ALAM, P., AHMAD, A., AHMAD, P. Reactive Oxygen Species in Plants: From Source to Sink. **Antioxidants**, v. 11, n. 2, p. 225, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11020225>.

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária website: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. 2021. Acesso em: 8 de julho de 2024.

MATCHAM, E., VANN, R., LINDSEY, L., GASKA, J., LILLEY, D., ROSS, J., WRIGHT, D., KNOTT, C., LEE, C., MOSELEY, D., SINGH, M., NAEVE, S., IRBY, J., WIEBOLD, W., KANDEL, H., LOFTON, J., INMAN, M., KLEINJAN, J., HOLSHOUSER, D., CONLEY, S. Foliar fertilizers rarely increase yield in US Soybean. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 6, p. 5246-5253, 2021. <https://doi.org/10.1002/agj2.20889>.

MAZA-ORTEGA, R., SOTELO-MORENO, D., MIGUEL-ESTRADA, M., MAZA-ANGULO, L., FONSECA-PAULINO, M. Suplementação de novilhas em pastejo

com diferentes fontes proteicas. **Revista Mvz Cordoba**, v. 26, n. 2, p. e2027, 2021. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.2027>.

MELO, A. F., FREITAS, T. M. S. BARBUIO, R., MOREIRA, J. M., DE LIMA JUNIOR, A. F. Eficiência de diferentes tipos de inoculantes na cultura da soja. **Pubvet**, v. 17, n. 06, p. e1400-e1400, 2023. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v17n6e1400>.

MENEGON, A., LIMA, S., ALVES, V., CONTARDI, L., CORDEIRO, M., VENDRUSCOLO, E., NUNES, R., NOGUEIRA, A. Soybean Population Management Seeking Greater Grain Productivity. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. e04294, 2023. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-017>.

MOREIRA, S.G., HOOGENBOOM, G., NUNES, M.R., MARTIN-RYALS, A. D., SANCHEZ, P.A. Circular agriculture increases food production and can reduce N fertilizer use of commercial farms for tropical environments. **Science of the Total Environment**, v. 879, p. 163031, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163031>.

MUGHAL, M., SERS, C. Cereal production, undernourishment, and food insecurity in South Asia. **Review of Development Economics**, v. 24, n. 2, p. 524 – 545, 2020. <https://doi.org/10.1111/RODE.12659>.

NASAR, J., WANG, G., ZHOU, F., GITARI, H., ZHOU, X., TABL, K., HASAN, M., ALI, H., WAQAS, M., ALI, I., JAHAN, M. Nitrogen fertilization coupled with foliar application of iron and molybdenum improves shade tolerance of soybean under maize-soybean intercropping. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1014640, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1014640>.

NASCENTE, A., STONE, L., CRUSCIOL, C. Soil chemical properties affected by cover crops under no-tillage system. v. 62, p. 401-409, 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040010>.

NEUPANE, D., ADHIKARI, P., BHATTARAI, D., RANA, B., AHMED, Z., SHARMA, U., ADHIKARI, D. Does Climate Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in the World? **Earth**, v. 3, n. 1, p. 45 - 71, 2022. <https://doi.org/10.3390/earth3010004>.

NINAMA, A., VALA, G., CHOUDHARY, R., CHUDASMA, S., JADEJA, J., RAM, K. Effect of Foliar Application of Water-Soluble Fertilizers on Growth and Yield of Wheat

(*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Plant e Soil Science**, v. 35, n. 21, p. 403 – 408, 2023. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i213990>.

NTECH INDUSTRIES. Greenseeker Manuals Disponível em: <http://www.ntechindustries.com/greenseeker-manual.html> Acesso em: 3 abr. 2008.

OLIVEIRA, S., CRUSCIOL, C., RODRIGUES, V., GALERIANI, T., PORTUGAL, J., BOSSOLANI, J., MORETTI, L., CALONEGO, J., CANTARELLA, H. Molybdenum Foliar Fertilization Improves Photosynthetic Metabolism and Grain Yields of Field-Grown Soybean and Maize. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 887682, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.887682>.

ORTIZ-BOBEA, A., AULT, T., CARRILLO, C., CHAMBERS, R., LOBELL, D. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 306 – 312, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>.

PATIL, A., KHOBARKAR, V., RAUT, M., VAIDKAR, R. Effect of soil application of sulphur and zinc and foliar application of KNO<sub>3</sub>, Borax, NAA and GA on growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, p. 498-500, 2020.

RÍOS, J., GARCÍA-IBÁÑEZ, P., CARVAJAL, M. The use of biovesicles to improve the efficiency of Zn foliar fertilization. Colloids and surfaces. **B, Biointerfaces**, v. 173, p. 899-905, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.10.057>.

PERECIN, D., CARGNELUTTI FILHO, A. Comparisonwise and experimentwise effects in factorial experiments interactions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 68-72, 2008.

QIANG, W., NIU, S., WANG, X., ZHANG, C., LIU, A., CHENG, S. Evolution of the Global Agricultural Trade Network and Policy Implications for China. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 192, 2019. <https://doi.org/10.3390/su12010192>.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna, Austria**, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

REICHARDT, K., TIMM, L. Como as plantas absorvem os nutrientes do solo. **Solo, Planta e Atmosfera**, v. 17, p. 313 – 330, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19322-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19322-5_16).

RADHA, B., SUNITHA, N., SAH, R., P., M., KRISHNA, G., UMESH, D., THOMAS, S., ANILKUMAR, C., UPADHYAY, S., KUMAR, A., N., M., S., B., MARNDI, B., SIDDIQUE,

K. Physiological and molecular implications of multiple abiotic stresses on yield and quality of rice. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 996514, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.996514>.

RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; STONE, M.L.; MARTIN, K.L.; FREEMAN, K.W.; MULLEN, R.W.; ZHANG, H.; SCHEPERS, J.S.; JOHNSON, G.V. Optical sensor-based algorithm for crop nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, n.19-20, p.2.759-2.781, 2005. <https://doi.org/10.1080/00103620500303988>

REPKE, R., SILVA, D., SANTOS, J., SILVA, M. Alleviation of Drought Stress in Soybean by Applying a Biostimulant Based on Amino Acids and Macro- and Micronutrients. **Agronomy**, v. 12, n. 10, p. 2244, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102244>.

RODRIGUES, J., PAULA, R., RENNÓ, L., COSTA, G., HAMADE, V., FILHO, S., RENNÓ, F., MARCONDES, M. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v. 13, n. 6, p. 1198-1207, 2019. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002781>.

RODRIGUES, L., NASCIMENTO, V., PELUZIO, J., SANTOS, A., SILVA, R. Morphophysiological and Grain Yield Responses to Foliar and Soil Application of Boric Acid on Soybean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, p. 1640 – 1651, 2019. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1631331>.

RODRIGUES, V., CRUSCIOL, C., BOSSOLANI, J., MORETTI, L., PORTUGAL, J., MUNDT, T., OLIVEIRA, S., GARCIA, A., CALONEGO, J., LOLLATO, R. Magnesium Foliar Supplementation Increases Grain Yield of Soybean and Maize by Improving Photosynthetic Carbon Metabolism and Antioxidant Metabolism. **Plants**, v. 10, n. 4, p. 797, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10040797>.

RATKE, R., ZUFFO, A., de SOUZA, H. A., MARTINS, R. D. S., LUZ, R. D. S., PEREIRA, P. Micronutrientes via foliar na cultura da soja no Cerrado Piauiense, ed. **Pantanal**, p. 137, 2020. <https://doi.org/10.46420/9786599120862>

ROMERA, F. J., LUCENA, C., GARCÍA, M. J., ALCÁNTARA, E., ANGULO, M., APARICIO, M. Á., PÉREZ-VICENTE, R. Plant hormones and nutrient deficiency responses. **Hormones and Plant Response**, v. 2, p. 29-65, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77477-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77477-6_2)

ROUPHAEL, Y., COLLA, G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 40, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.

SACRAMENTO, P., HUNGRIA, L., EL-HUSNY, J., FREITAS, L. Planting Density and Soybean (*Glycine max* L.) Cultivars Effects on Yield Components in the Amazon. **Journal of Animal Science**, v. 8, p. 63-69, 2020. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16277>.

SANTOS, A., PACHECO, L., RATKE, R., FONSECA, W., ZUFFO, A., NETO, F., NÓBREGA, J., OLIVEIRA, J., SOUSA, T., SANTOS, A. Morphological characteristics and soybean yields after using different limestone sources, **Australian Journal of crop science**, v. 14, n. 8, p. 1328 – 1334, 2020. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.08.p2618>.

SARKAR, S., KHATUN, M., ERA, F., ISLAM, A., ANWAR, M., DANISH, S., DATTA, R., ISLAM, A. Abiotic Stresses: Alteration of Composition and Grain Quality in Food Legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2238, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112238>.

SAULIĆ, M., OVEISI, M., DJALOVIĆ, I., BOŽIĆ, D., PISHYAR, A., SAVIĆ, A., PRASAD, P., VRBNIČANIN, S. How Do Long Term Crop Rotations Influence Weed Populations: Exploring the Impacts of More than 50 Years of Crop Management in Serbia. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1772, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081772>.

SCAVO, A.; MAURÔMICA, G. Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Culturas Herbáceas. **Agronomia**, v. 10, n. 4, p. 466, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040466>.

SCHON, M., BLEVINS, D. Boron stem infusions stimulate soybean yield by increasing pods on lateral branches. **Plant physiology**, v. 84, n. 4, p. 969-71, 1987. <https://doi.org/10.1104/PP.84.4.969>.

SELEIMAN, M., AL-SUHAIBANI, N., ALI, N., AKMAL, M., ALOTAIBI, M., REFAY, Y., DINDAROGLU, T., ABDUL-WAJID, H., BATTAGLIA, M. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 259, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, p. 147, 2008.

SHACKELFORD, G., KELSEY, R., DICKS, L. Effects of cover crops on multiple ecosystem services: Ten meta-analyses of data from arable farmland in California and the Mediterranean. **Land Use Policy**, v. 88, p. 104204, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104204>.

SILVA, B. A. Bioestimulante à base de extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* e ácidos fúlvicos na tolerância do estresse salino em soja. 2023. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2023.

SOUSA, F. C. da S. Mitigação do déficit hídrico utilizando a fertilização com silício e inoculação *Azospirillum brasilense* na produtividade e no valor nutritivo do milho na forma de silagem na entressafra agrícola. 2023. 72 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (25.06) /CCAA) - **Universidade Federal do Maranhão**, Chapadina, 2023.

SOUSA, E., FONTES, L., FILHO, J., GURGEL, A., FONSECA, W., ZUFFO, A., ALENCAR, D., SILVA, T., LACERDA, J., AGUILERA, J., GARCÍA, J., ZEVALLOS, R., MORALES-ARANIBAR, L., LUNA, A., GONZALES, H. Weed-Hoeing Periods in Cowpea Cultivation under Direct and Conventional Systems. **Plants**, v. 12, n. 14, p. 2668, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12142668>.

TEIXEIRA, W., FAGAN, E., MACHADO, A., FORTUNE, D., MOREIRA, F. Foliar Application of Nitrogen Affects Metabolism and Productivity of Soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, n. 10, p. 31, 2021. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n10p31>.

THOMAS, A. L., COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. 2010.

TRIPATHI, R., TEWARI, R., SINGH, K., KESWANI, C., MINKINA, T., SRIVASTAVA, A., CORATO, U., SANSINENEA, E. Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 883970, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970>.

VENEZIANO, V., RODRIGUES, C., SOFFIATTI, J., NETO, F., ALVES, G., DIAS, P., QUINTINO, V., RODRIGUES, T., CASTOLDI, G., CARLOS, L., GUIMARÃES, J., GUIMARÃES, R., LUIZ, I., BARBOSA, K., TRINDADE, P. Is foliar fertilization essential for high soybean yields?. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, p. 1322 – 1335, 2021. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2014877>.

XU, C., LI, R., SONG, W., WU, T., SUN, S., SHEN, W., HU, S., HAN, T., WU, C. Integrating Straw Management and Seeding to Improve Seed Yield and Reduce Environmental Impacts in Soybean Production. **Agronomy**, v. 11, p. 1033, 2021. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11061033>.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. **Frontiers in Plant Science**. v.7, n.1, p.1-32. Janeiro. 2017.



YAKUWA, T., GALVÃO, J., YAKUWA, J., PINHEIRO, D., VIANA, R., ARAÚJO, D., OLIVEIRA, L., SILVA, D. Soil acidity and soy phytometry under application of limestone and agricultural gypsum. **Colloquim Agrariae**, v. 18, n. 1, p. 74 – 86, 2022. <https://doi.org/10.5747/ca.2022.v18.n1.a481>.

YAMATANI, H., HENG, T., YAMADA, T., KUSABA, M., KAGA, A. Identification and Characterization of an Early Leaf Senescence Gene ELS1 in Soybean. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 784105, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.784105>.

YANG, Q., LIN, G., LV, H., WANG, C., YANG, Y., LIAO, H. Environmental and genetic regulation of plant height in soybean. **BMC Plant Biology**, v. 21, p. 63, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02836-7>.

ZHANG, Z., KAYE, J., BRADLEY, B., AMSILI, J., SUSEELA, V. Cover crop functional types differentially alter the content and composition of soil organic carbon in particulate and mineral-associated fractions. **Global Change Biology**, v. 28, p. 5831 – 5848, 2022. <https://doi.org/10.1111/gcb.16296>.

ZILLI, M., SCARABELLO, M., SOTERRONI, A., VALIN, H., MOSNIER, A., LECLÈRE, D., HAVLÍK, P., KRAXNER, F., LOPES, M., RAMOS, F. The impact of climate change on Brazil's agriculture. **The Science of the total environment**, v. 740, p. 139384, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>.

ZUZUNAGA-ROSAS, J.; GONZÁLEZ-ORENGA, S.; CALONE, R.; RODRÍGUEZHEREDIA, R.; ASAFF-TORRES, A.; BOSCAIU, M.; IBÁÑEZ-ASENSIO, S.; MORENORAMÓN, H.; VICENTE, O. Use of a Biostimulant to Mitigate the Effects of Excess Salinity in Soil and Irrigation Water in Tomato Plants. **Plants**, v. 12, n. 5, p. 1190, 2023.