

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS**

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR AUMENTA A PRODUTIVIDADE E
O TEOR DE NUTRIENTES EM GRÃOS DE SOJA?**

**GUSTAVO DE BRITO RIBAS
RAFAEL SANTIAGO GARCIA**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2024

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR AUMENTA A PRODUTIVIDADE E O TEOR
DE NUTRIENTES EM GRÃOS DE SOJA?.**

GUSTAVO DE BRITO RIBAS
RAFAEL SANTIAGO GARCIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Munir Mauad

Dourados - MS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R482m Ribas, Gustavo De Brito.
MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR AUMENTA A PRODUTIVIDADE E O TEOR DE
NUTRIENTES EM GRÃOS DE SOJA? [recurso eletrônico] / Gustavo De Brito Ribas, Rafael
Santiago Garcia. -- 2025.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Munir Mauad.
TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Glycine max L. 2. Aplicação foliar. 3. Época de aplicação. I. Santiago Garcia, Rafael. II.
Mauad, Munir. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**MANEJO DA ADUBAÇÃO FOLIAR AUMENTA PRODUTIVIDADE E O
TEOR DE NUTRIENTES EM GRÃOS DE SOJA?.**

Por

Gustavo de Brito Ribas

Rafael Santiago Garcia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovado em: 16 de Fevereiro de 2024.

Prof. Dr. Munir Mauad
Orientador – UFGD/FCA

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Membro da banca – UFGD/FCA

Doutorando Victor Vicentin Bentes
Membro da banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Nós queremos expressar nossa sincera gratidão a todas as pessoas que foram fundamentais para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Este é um momento especial, e não podemos deixar de reconhecer aqueles que estiveram ao nosso lado ao longo desta jornada.

Às nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado, oferecendo apoio incondicional, palavras de incentivo e compreensão nos momentos desafiadores. Obrigado por ser a base sólida que sustentou nossos sonhos e aspirações.

Primeiramente, gostaríamos de agradecer ao nosso orientador, professor Munir Mauad, pela orientação dedicada e pelos valiosos insights que nos proporcionaram ao longo deste processo. Sua paciência (muita paciência), conhecimento e orientação foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Com certeza carregaremos todo seu amor pela profissão como inspiração profissional pelo resto das nossas vidas. Sua humanidade sempre foi admirada por nós e ainda mais apreciada com o passar dos anos que estivemos juntos durante a graduação. Obrigado pelas palavras de conforto quando necessitamos, pelos “puxões de orelha” que merecíamos e pela hombridade pessoal que sempre nos apresentou.

Queremos expressar nossa profunda gratidão à banca de avaliação que, com zelo e expertise, dedicou seu tempo e conhecimento na análise criteriosa deste trabalho. Tanto ao Prof. Dr. Cleberton Correia, quanto ao Doutorando Victor Vicentin que foram selecionados a dedo, e agradecemos sinceramente pela contribuição valiosa durante nossa jornada acadêmica, pelas observações perspicazes e pelo comprometimento em enriquecer este projeto com suas avaliações construtivas. A confiança depositada em vocês foi fundamental para o êxito deste trabalho, e somos gratos pela dedicação e cuidado demonstrados ao longo do processo de avaliação. Nada disso seria tão especial se vocês não fizessem parte deste momento.

Agradecemos também aos professores da UFGD, cujo comprometimento com a educação e expertise em suas áreas de atuação foi inspirador. Cada aula, discussão e *feedback* foram fundamentais para o amadurecimento das idéias apresentadas neste trabalho.

Aos amigos que compartilharam este caminho acadêmico conosco, agradecemos pelas horas de estudo em grupo, pelas trocas de experiências e pelo suporte mútuo. Cada um de vocês desempenhou um papel significativo na nossa jornada.

Por fim, expressamos nossa gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho. Esta conquista não é apenas nossa, mas resultado do apoio e colaboração de muitos.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	7
REVISÃO DE LITERATURA	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RIBAS, Brito de, Gustavo; SANTIAGO, Garcia, Rafael. **Manejo da adubação foliar aumenta produtividade e o teor dos nutrientes em grãos de soja?** 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de ciências agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024.

RESUMO

A soja está entre as culturas mais relevantes para o cenário econômico brasileiro, tendo em vista sua extensa área cultivada. Dentre os vários fatores que influenciam a produtividade da cultura da soja, a nutrição exerce papel importante na produtividade e na qualidade do grão. Tem-se observado nos últimos anos, um aumento do uso da adubação foliar como forma de manejo da adubação nas culturas. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o manejo da época da aplicação da adubação foliar no teor de nutriente nos grãos e seus reflexos na produtividade. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, em delineamento experimental em blocos ao acaso com 6 tratamentos (épocas de aplicação de adubo foliar) e cinco repetições. A cultivar de soja utilizado foi a BMX Fibra Ipro. Adubação de semeadura foi realizada utilizando-se 300 kg do formulado 0-20-20. Foi avaliado, teor de nutriente no grão, estande de planta, número de vagens por planta, número de grãos por vagens, massa de 1000 e produtividade. A época de aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja visando acúmulo de nutrientes nos grãos demonstrou ser mais eficaz nos estágios reprodutivos R3 e R5.1. A combinação da aplicação foliar de nutrientes durante o estágio vegetativo V4 e estágios reprodutivos R3 e/ou R5.1, resultou em um aumento na produtividade da cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, aplicação foliar, épocas de aplicação.

RIBAS, Brito de, Gustavo; SANTIAGO, Garcia, Rafael. **Does foliar fertilization management increase productivity and nutrient content in soybeans?** 2024. Course completion work (Bachelor's Degree in Agricultural Engineering) – Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, Dourados, 2024.

ABSTRACT

Soybean is among the most relevant crops for the Brazilian economic scenario, given its extensive cultivated area. Among the various factors that influence the productivity of soybean crops, nutrition plays an important role in the productivity and quality of the grain. In recent years, an increase in the use of foliar fertilization as a way of managing crop fertilization has been observed. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the management of the time of foliar fertilizer application on the nutrient content in the grains and its effects on productivity. The experiment was conducted at the Agricultural Sciences Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados, in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 6 treatments (times of foliar fertilizer applications) and five blocks. The soybean cultivar used was BMX Fibra Ipro. Sowing fertilization was carried out using 300 kg of the NPK formula 0-20-20. Nutrient content in the grain, plant stand, number of pods per plant, number of grains per pod, 1000 grains weight, and productivity were evaluated. The timing of foliar nutrient application in soybean crops, aiming to accumulate nutrients in the grains, proved to be more effective in the R3 and R5.1 reproductive stages. The combination of foliar application of nutrients during the V4 vegetative stage and R3 and/or R5.1 reproductive stages increased soybean crop productivity.

Keywords: Glycine max, foliar application, application times.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max L.*) está entre as culturas mais relevantes para o cenário econômico brasileiro, tendo em vista sua extensa área cultivada. Área essa que equivale a 43,5 milhões de hectares (CONAB 2023). O grão de soja e seus derivados participam de maneira primordial da composição da refeição cotidiana do brasileiro, e a usualidade deste alimento vem tomando proporções ainda mais expressivas. Posto isto, a biofortificação agrônômica realizada na planta de soja, pode aumentar o teor de micronutrientes essenciais a alimentação humana, nos produtos alimentícios obtidos através do grão de soja. Já que a insuficiência desses nutrientes é um ponto abordado no debate sobre a segurança alimentar da sociedade, em especial a fração de baixa renda (SILVA, 2017).

Dentre os vários fatores que influenciam a produtividade da cultura da soja, os fertilizantes apresenta papel importante seja do ponto de vista econômico, que pode representar até 27,5% do custo final de produção (SILVA 2023), seja do ponto de vista ambiental com o uso mais racional e eficiente deste recurso. Quanto a disponibilidade de elementos através do solo, existe uma dificuldade relacionada a disponibilização de nutrientes as plantas e solos argilosos, onde a argila apresenta potencial de fixação dos nutrientes, os quais ficam indisponíveis até a solubilização, retardando e inviabilizando a absorção em momentos chaves das culturas (HAVLIN et al. 2017).

Tem-se observado nos últimos anos, um aumento do uso da adubação foliar como forma de manejo da adubação nas culturas. Embora a adubação foliar seja uma prática conhecida há mais de 100 anos (BORKERT, 1987), só recentemente, vem sendo estudada com maior profundidade, se comparada a outros métodos de adubação (REZENDE et al., 2005), devido as novas tecnologias como adjuvantes, surfactantes, umectantes, quelantes, entre outros, que foram desenvolvidas, melhorando assim, a eficácia da adubação foliar (FERNÁNDEZ et al., 2015). Fernandez et al. (2015) destaca que uma das principais vantagens do uso da adubação foliar é a realização conforme a demanda da cultura, ou seja, conforme o estágio fenológico, sendo assim um dos principais quesitos técnicos para o uso da nutrição foliar.

O período de acúmulo da maior parte dos nutrientes, necessário no desenvolvimento e crescimento da soja que ocorre nas folhas, é entre o início da formação das raízes e o florescimento. No estágio de formação e enchimento dos grãos a absorção de nutrientes no solo diminui, então os nutrientes armazenados nas folhas são translocados para os grãos (BORKERT, 1987). Portanto a reposição dos nutrientes nas folhas pode manter a taxa de

fotossíntese por um tempo maior, aumentando assim a produção de grãos por planta e sua massa, e conseqüentemente aumentando a produtividade.

As maiores velocidades de absorção de macronutrientes acontecem durante o florescimento e início de enchimento de grãos para a maioria desses as maiores quantidades são absorvida após o florescimento (REZENDE et al., 2005). Segundo Leite et al. (2003) o estágio de R1 a R5 é o de maior demanda de nutrientes pelas plantas. Assim, o fornecimento de nutrientes durante os períodos reprodutivos pode ser mais uma estratégia para o aumento da produtividade na cultura da soja como demonstrado por Mandic et al., (2015), Bernis & Viana (2015), e Silva et al., (2017).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o manejo da época da aplicação da adubação foliar no teor de nutriente nos grãos e seus reflexos na produtividade.

REVISÃO DE LITERATURA

A soja (*Glycine max L.*) é hoje a cultura de maior importância econômica no Brasil, ocupando cerca de 43,5 milhões de hectares (CONAB 2023). O estado do Mato Grosso do Sul é o 5º maior produtor com uma área cultivada com soja de 3,76 milhões de hectares, e uma produção de 13,76 milhões de toneladas, isto trata-se de 8,6% e 10,8% da área e produção nacional de soja respectivamente (CONAB 2023). A introdução do grão de soja e seus derivados na alimentação humana se faz presente e encontra-se em crescente expansão (SILVA, 2017).

Em solos como os do sul do MS, existe uma dificuldade de disponibilidade de micronutrientes para as plantas, devido à capacidade do solo em fornecê-los em quantidades adequadas, devido a aspectos como aeração, matéria orgânica, textura do solo, entre outros (KACHINSKI et. al, 2020). A utilização de adubação foliar se mostra um grande aliado nesta situação (TAIZ e ZAIGER, 2004).

Para o nitrogênio (N) sabe-se que este elemento é essencial para o crescimento vegetativo, participando ativamente na síntese de clorofila, proteínas e ácidos nucleicos (NOGUEIRA et al. 2010, CRISPINO et al. 2001). A disponibilidade hídrica e a fonte de N são primordiais a absorção e translocação deste nutriente (FAGAN et al. 2007, MEDEIROS et al. 2021). O fósforo (P) tem participação fundamental no crescimento radicular, o fósforo também desempenha um papel crítico nas fases de florescimento e formação de grãos (FLOSS, 2022). Além disso, contribui para a transferência de energia através de sua presença

nas moléculas de ATP, que representam a principal fonte de energia celular (ROSSI, 2010; FERNANDES, 2006) e o potássio (K) exerce múltiplas funções, incluindo a regulação da abertura e fechamento dos estômatos, influenciando assim a transpiração (PARENTE et al. 2016). Contribui para a resistência a doenças e estresses ambientais, além de participar na síntese de proteínas e carboidratos (MASCARENHAS et al. 2003). Estes geralmente são os principais componentes da adubação de base, realizada na cultura da soja (FLOSS 2022).

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) desempenham papéis essenciais na cultura da soja (COELHO et al. 2019). O cálcio é crucial para a estrutura celular, divisão celular e atividade enzimática (VITTI e TEVISAN, 2000). O magnésio é essencial para a formação da clorofila, ativação de enzimas e transporte de fósforo (MARSCHNER 2012).

Os micronutrientes desempenham um papel essencial no desenvolvimento da soja, contribuindo para processos fisiológicos críticos e promoção de substâncias aos fitohormônios das plantas como auxinas, citocininas e giberelina (TAIZ e ZAIGER, 2004; FAVARIN et al. 2000). Embora necessários em quantidades menores, sua ausência ou deficiência pode ter impactos significativos na biologia e produtividade da cultura (FAVARIN et al. 2000). Elementos como ferro, zinco, manganês, cobre, molibdênio e boro são indispensáveis para a fotossíntese, formação de enzimas e síntese de proteínas na soja (VITTI e TEVISAN, 2000).

O zinco e outros micronutrientes são pouco móveis no floema da planta de soja (FAGERIA, 2009), dado isso os acúmulos nos grãos é deficitário (WHITE E BROADLEY, 2011). A absorção de grande parte dos micronutrientes ocorre de maneira crescente, e o estágio fenológico de maior absorção é o reprodutivo, e condições climáticas estressantes podem resultar em uma redução de absorção e posterior translocação dos nutrientes para o grão (MENDONÇA JUNIOR et. al, 2019).

A utilização de adubos foliares é hoje uma das maneiras mais usuais pelos produtores de complementar a adubação no solo, sobretudo em relação aos micronutrientes (GAZOLA et al. 2017). No entanto existe um déficit de trabalhos, quando o assunto é a translocação e teor destes nutrientes nos grãos (OLIVEIRA, 2022).

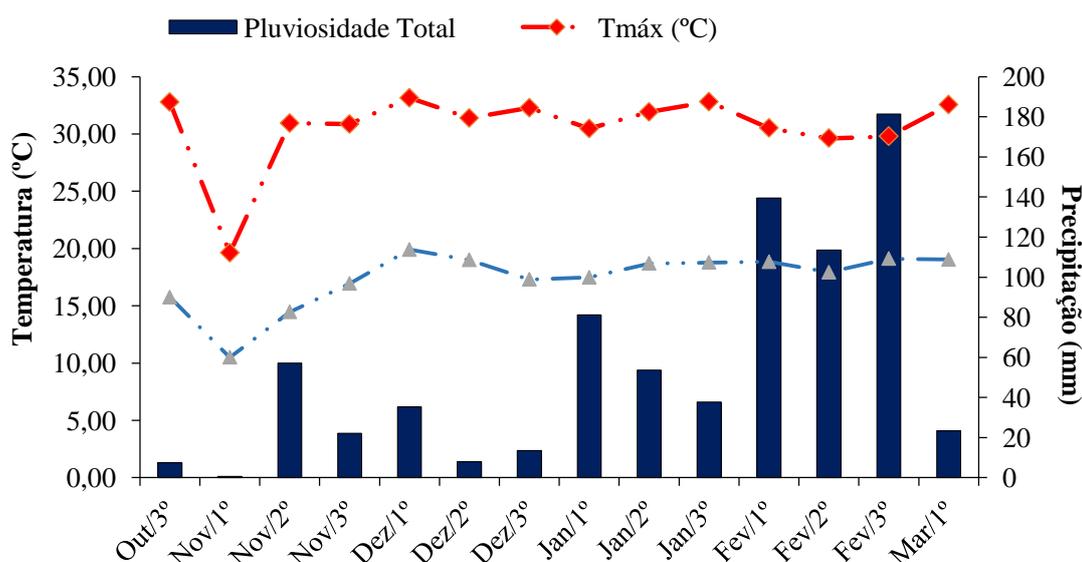
O uso de fertilizantes foliares promove um aumento fisiológico, o que proporciona uma maior proteção à planta, auxiliando-a a suportar um período de veranico (CAVALCANTE et al., 2020). O manejo da adubação foliar em momentos estratégicos do desenvolvimento fenológico amplia sua eficácia na planta, atuando como um catalisador para o metabolismo do carbono. Isso resulta na mitigação dos efeitos oxidativos provocados por

estresses abióticos, ao mesmo tempo em que favorece o transporte eficiente de nutrientes em direção aos grãos (RODRIGUES et al., 2021).

Os fundamentos científicos que embasam a adubação foliar nesse contexto estão pautados no fato de que, do início do estágio reprodutivo até a maturação, ou seja, a partir da floração, a atividade radicular e a absorção de nutrientes diminuem concomitantemente, e a uma considerável translocação de nutrientes das folhas para os grãos em formação (BORKERT, 1987; ROSOLEM, 1984; TEIXEIRA, 2017).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no período de 25 de Outubro de 2022 a 08 Março de 2023, sob coordenadas geográficas de 54°56'W e 22°12'S e 452m de altitude. O clima conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico úmido com verão chuvoso. Os dados pluviométricos e de temperatura durante o período experimental, foram coletados na estação meteorológica da FAECA/UFGD (FIGURA 1), a cerca de 100 m do local do experimento. O solo das áreas experimentais foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013), a análise química e granulométrica do solo camada 0,0 - 0,20 m realizada no mês de Setembro de 2022 apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,2, 23,54 g dm⁻³, de matéria orgânica, 35,52 mg dm⁻³, de P (resina), e 3,2, 47,6; 23,4 e 106,4 mmolcdm⁻³ de K, Ca, Mg e CTC, respectivamente, com 70% de saturação por bases. Para os micronutrientes foram obtidos resultados de 46, 178,8 e 3,8 mg.dm⁻³ de Fe, Mn e Zn respectivamente. O solo apresenta textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013), com 597 g.kg⁻¹ de argila, 238 g.kg⁻¹ de areia e 165 g.kg⁻¹ de silte.



Fonte: Autor da pesquisa.

FIGURA 1: Precipitação (mm), temperaturas mínimas e máximas (°C) do dia 25 de outubro de 2022 à 08 de março de 2023, período referente a realização do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 6 tratamentos (épocas de aplicação de adubo foliar) (Tabela 1) e cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental era constituída por 8 linhas de 8 metros de comprimento espaçada entre si por 0,45m. A área útil da parcela foi constituída pelas 6 linhas centrais, descartando-se um metro de cada extremidade, totalizando 16,2m² de área útil.

A cultivar utilizada foi a Brasmax Fibra IPRO com grupo de maturação 6.4 e hábito de crescimento indeterminado, que foi semeada mecanicamente em 25 de outubro de 2022. Cada unidade experimental era constituída por oito linhas de oito metros e espaçamento de 0,45 metros, com população final de 266.666,64 plantas/ha. A adubação de semeadura foi realizada com formulado 0-20-20 com dose de 300 kg/ha e os tratos culturais foram realizados com uso de agroquímicos, como controle de plantas daninhas e dessecção pré-colheita (Cletodim, Fomasafen e Diquate), pragas (Bifentrina+Carbossulfano, Tiametoxan+Lambda-Cialotrina, Etiprole e Indoxacarbe) e doenças (Estrubirulina, Clorotalonil e Picoxitrobina+Ciproconazole) atendendo as recomendações vide bula, quanto a dose e manejo de aplicação. A adubação de semeadura foi feita em função da análise do solo da área.

-----	-----	Liqui-plex Fruit*	Liqui-plex Bonder**
1	Testemunha	-	-
2	V4	1,0 L/há	1,0 L/há
3	R3 + R5.1	0,5 L/ha + 0,5 L/ha	0,5 + 0,5 L/há
4	V4 + R3	0,5 L/ha + 0,5 L/ha	0,5 + 0,5 L/há
5	V4 + R5.1	0,5 L/ha + 0,5 L/ha	0,5 + 0,5 L/há
6	V4 + R3 + R 5.1	0,40 L/ha + 0,30 L/ha + 0,30 L/ha	0,40 L/ha + 0,30 L/ha + 0,30 L/há

Fonte: autor da pesquisa.

*Nitrogênio (N) 5,00% (73,50 g/L), Cálcio (Ca) 1,00% (14,70 g/L), Boro (B) 1,00% (14,70 g/L), Cobre (Cu) 0,05% (0,74 g/L), Manganês (Mn) 5,00% (73,50 g/L), Molibdênio (Mo) 0,10% (1,47 g/L), Zinco (Zn) 5,00% (73,50 g/L), Enxofre (S) 5,30% (77,91 g/L), Carbono Orgânico 2,35%, Densidade 1,47 g/cm³.

**Nitrogênio (N) 1,00% (11,10 g/L), Pentóxido de difósforo (P₂O₅) 2,00% (22,20 g/L), Óxido de potássio (K₂O) 1,00% (11,10 g/L), Carbono Orgânico 8,25%, Densidade 1,11 g/cm³.

***Aminoácidos complexados não descritos pelo fabricante.

TABELA 1. Época de aplicação e doses de fertilizantes foliares aplicado na cultura da soja em diferentes estádios fenológicos.

A aplicação dos fertilizantes foliares, foram feitas em seus respectivos estagio fenológico por meio da aplicação de um a um volume de 150 L H₂O ha⁻¹, por meio da utilização de um pulverizador costal pressurizado por CO₂.

O produto Liqui-plex Fruit, trata-se de um composto enriquecido com macro e micronutrientes, que visa prevenir distúrbios e corrigir carências nutricionais das culturas onde é utilizado. Já o Liqui-plex Bonder é um fertilizante com agente complexante que age como carreador quando associado a outro fertilizante foliar, auxiliando na absorção e translocação dos nutrientes pelas plantas.

Variáveis avaliadas:

Para as avaliações, foram coletadas dez plantas da área útil de cada parcela, e suas vagens foram contadas para estimativa de número de vagens por planta, posteriormente, suas vagens foram debulhadas manualmente para estimar-se a quantidade de grãos por vagem. Para contagem do estande de plantas utilizou-se o número de plantas de 2 metros de cada uma das quatro linhas centrais da parcela, na qual se realizou a média e foi transformado para ha⁻¹. Para determinação da massa de 1000 grãos e da produtividade coletou-se todas as plantas da

área útil de cada parcela, as vagens das plantas foram debulhadas com o auxílio de uma trilhadora, a umidade foi corrigida para 13% e os dados transformados para kg ha^{-1} .

Para a análise do teor de nutrientes nos grãos, foram separados 250 gramas de grãos de cada tratamento. As amostras foram posteriormente secas em estufa com circulação de ar forçado a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingirem peso constante. Em seguida, 100 gramas de grãos de cada tratamento foram pesados e o material seco foi moído em um multiprocessador para a determinação dos teores de nutrientes.

Para a determinação de proteína bruta nos grãos de soja de cada tratamento, foram pesados precisamente 90 gramas de amostra. O método de Kjeldahl foi empregado, envolvendo a digestão ácida das amostras em ácido sulfúrico concentrado com a presença de sulfato de cobre como catalisador. A amônia resultante da digestão foi destilada em uma solução alcalina de hidróxido de sódio e coletada em uma solução de ácido bórico. A titulação subsequente com uma solução padrão de ácido clorídrico permitiu calcular a quantidade de nitrogênio presente na amostra. Utilizando a constante de conversão de 6,25, o teor de proteína bruta foi então determinado.

Teor de nutriente do grão: Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Zn, e Fe Mn no grão foram determinados de acordo com os procedimentos propostos por Malavolta et al. (1997).

Estande de planta: foi realizado no momento da colheita (R8), quando foi realizada a coleta das plantas.

Número de vagens por planta: foi determinado em 10 plantas coletadas sequencialmente na área útil da parcela.

Número de grãos por vagens: foi obtido através da contagem do número de grãos das vagens de 10 plantas e dividido pelo número total de vagens.

Massa de 1000 grãos: foi determinada segundo metodologia das regras de análises de sementes propostas pelo Brasil - Ministério da Agricultura (Brasil, 2009).

Produtividade: foi determinada coletando todas as plantas da área útil da parcela. A umidade foi corrigida para 13% e os dados transformados para kg ha^{-1} .

Análise Estatística

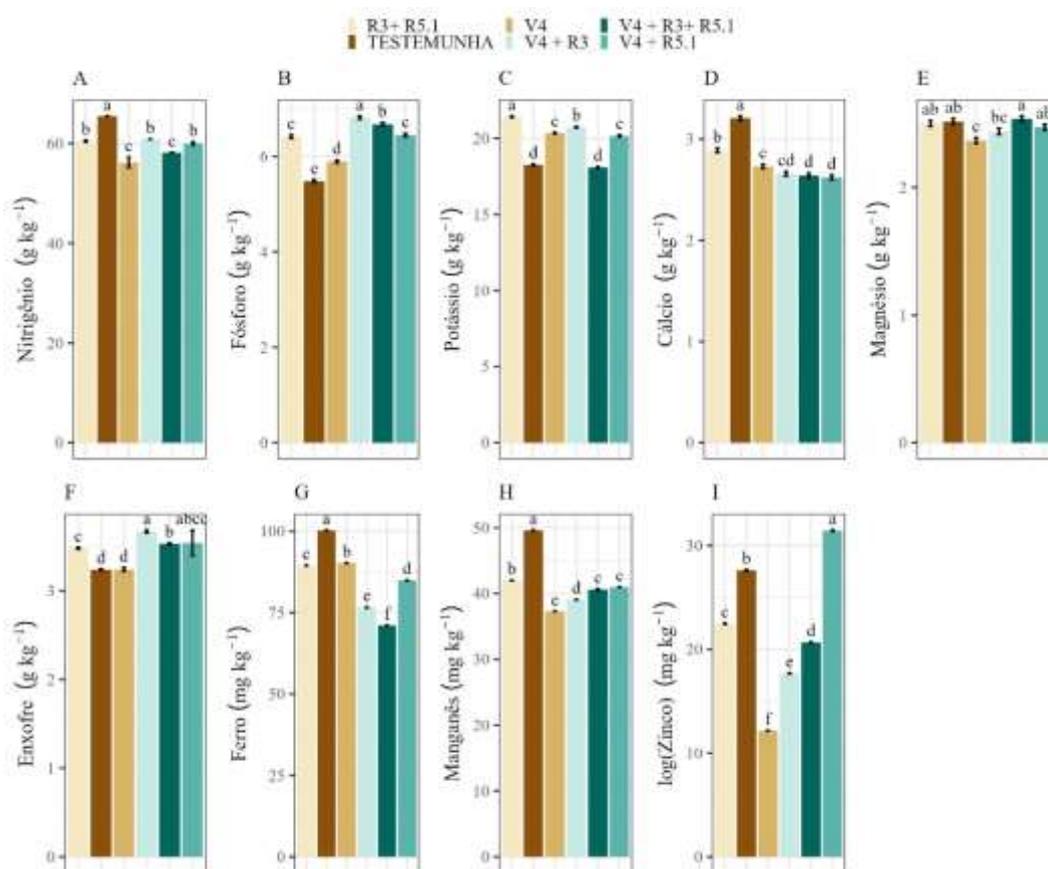
Os modelos GAMLSS tem sido utilizado na análise de Deviance. As distribuição Normal, Gumbel Gamma tem sido escolhida para ajuste do modelo, considerando a escolha com base no valor p do teste de Normalidade Shapiro-Wilk. O efeito de Bloco tem sido inserido no modelo como efeito aleatório e o Tratamento de efeito fixo. O teste Tukey foi

aplicado para comparação entre os níveis de tratamento. O nível de 5% de significância tem sido considerado em todos os teste de hipóteses.

As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2023) com apoio das bibliotecas gamlss (Stasinopoulos et al., 2017) e ggplot2 (Wickham et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de tratamento foi significativo ($P < 0,05$) quando avaliada a maioria das variáveis, a exceção foi para População e Peso de Mil Grãos. O coeficiente de variação foi baixo, como diversos valores abaixo de 10%, indicando alta precisão no experimento.



Fonte: Autor da pesquisa

FIGURA 2. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), enxofre (F), ferro (G), manganês (H) e Zinco (I) em grãos de soja, em função de época de aplicação de adubos foliar. Letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de macronutrientes nos grãos de soja ocorreu na seguinte ordem de grandeza $N > K > P > Ca > S > Mg$, enquanto para os micronutrientes seguiram a ordem $Fe > Mn > Zn$. Para os

macronutrientes essa ordem corroboram com os dados de Magalhães et al (2015), exceto para S e Mg.

Para o teor de nitrogênio no grão, o maior valor foi encontrado para a testemunha 67 g.kg^{-1} , diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O menor valor foi observado no tratamento 2 (V4), com teor de 55 g kg^{-1} . Embora tenha ocorrido diferença significativa entre épocas de adubação suplementar via foliar cabe ressaltar que esses valores estão dentro da faixa de suficiência apresentados por Tanaka et al. (1995) e Magalhães et al. (2015).

A maior demanda de N nas plantas de soja é suprida pela fixação biológica do nutriente podendo variar de 83% a 88% segundo Alves (2006). O maior teor de nitrogênio no grão na testemunha (Figura 2A) está relacionado ao fato que a área experimental vem sendo cultivada em sucessão soja e milho a mais de 10 anos, onde é realizada a reinoculação ano após a ano. Floss (2022) resalta que essa prática que aumenta síntese de aminoácidos nas plantas.

O teor de fósforo no grão de soja, apresentou maior valor no tratamento 4 (V4+R3), com valor de $6,7 \text{ g.kg}^{-1}$, e menor valor na testemunha com $5,4 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 2B). O fósforo exerce papel importante na produtividade na cultura da soja, a deficiência de fósforo diminui o potencial de rendimento da cultura devido a menor produção de vagens, aumento da taxa de aborto de estruturas reprodutivas e redução da massa de grãos (CARVALHO et al, 2011). Em R3 está sendo iniciada a formação de vagens, a aplicação foliar pode ter auxiliado no processo de pegamento e resultado em uma posterior remobilização do fósforo das vagens para os grãos de soja.

Para o teor de potássio no grão, o maior valor foi observado no tratamento 3 (R3+R5.1) 22 g.kg^{-1} , enquanto o menor valor para o tratamento 6 (testemunha) $17,5 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 2C). O potássio tem alta mobilidade nas plantas, após o nitrogênio é o nutriente mais extraído pela soja e está relacionado diretamente a frutificação (PARENTE et al.,2016), sendo que o ápice de sua absorção ocorre no estágio reprodutivo da cultura da soja (FLOSS, 2022). Assim, podemos relacionar a translocação do nutriente para o grão no tratamento 3 a essa característica, já que a dose do composto foi aplicada no estágio reprodutivo em R3 e R5.1. A baixa concentração de K na testemunha foi devido à ausência de aplicação foliar, enquanto no tratamento 6 pode estar relacionado a porcentagem aplicado no estágio reprodutivo (60% da dose), já que é possível observar que aplicações com doses maiores (100%) no estágio reprodutivo tiveram um melhor maior teor..

O cálcio teve seu maior teor no grão, na testemunha com valor de $3,2 \text{ g.kg}^{-1}$. O menor valor para os teores foram observados nos tratamentos 5 e 6 com $2,7 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 2D). A

extração de Ca do solo pela soja, varia conforme a disponibilidade do nutriente no solo e tem baixa exportação para o grão com cerca de 22% do extraído (SFREDO, 2008). Sua translocação acontece principalmente via xilema e é influenciada negativamente pela alta concentração de potássio (FLOSS, 2022). Segundo Dalpiva (2014), a redistribuição de Ca é deficitária para estruturas reprodutivas. Assim, o menor teor de cálcio nos grãos observado nos tratamentos 5 e 6 provavelmente está relacionada a maneira de translocação deste nutriente na planta, aliada as altas concentrações de potássio no floema das plantas de soja nos estágios reprodutivos R3 e R5.1. Contra ponto a isto a testemunha mostrou-se eficiente a absorção de Ca, uma vez que o K não estava interferindo na absorção via xilema/floema através da competição fisiológica gerada entre estes cátions (FAGERIA, 2001), corroborando com Lange et al. (2021) que também relatou menores teores de exportação de Ca para grãos de soja e milho em altas concentrações de K.

O teor de magnésio nos grãos de soja, diferiu estatisticamente apenas para os tratamentos 2, apresentando um valor de $2,1 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 2E). Sabe-se que culturas de verão (ex. soja) são menos exigentes em Mg, que demais culturas de segunda safra, trata-se de um nutriente altamente móvel, componente principal da clorofila e responsável pela ativação de inúmeras enzimas antioxidantes relacionadas a estresses abióticos segundo Rodrigues et al. (2021). O resultado observado pode ser explicado devido a época de aplicação (V4) do adubo foliar que coincide com o momento de baixa precipitação (Figura 1) que pode ter ocasionado um estresse hídrico, afetando sua absorção e síntese do nutriente para posterior translocação para os grãos de soja, como relatado por Quirino et al (2023) e Staut (2007) que atribuiu a absorção de nutrientes em épocas propícias e preferencialmente em estágio reprodutivo.

O teor de enxofre nos grãos de soja, foi superior no tratamento 4 (V4 + R3) com valor de $3,4 \text{ g.kg}^{-1}$, e apresentou os menores valores no tratamento 2 (V4) e na testemunha, com $3,1 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 2F). Segundo Floss (2022) a matéria orgânica é a principal fonte de S no solo, e o sulfato de enxofre é facilmente carregado para a camada mais profunda do solo (20-40 cm). A adubação foliar com enxofre pode ser uma maneira de fornecimento deste nutriente de maneira complementar as plantas como ressalta Jolivet et al. (1995), além de que a baixa mobilidade na planta é compensada pela assimilação do nutriente via foliar como evidencia os resultados obtidos por Vitti et al (2007), Sfredo et al. (1990) e Rezende et al. (2009). Logo, observou-se que a aplicação durante uma das etapas de maior absorção de nutrientes pós-florescimento pleno (R3) foi superior a época de aplicação (V4) e a não suplementação (Testemunha). Ressalta-se que o solo foi corrigido no mês de Agosto/23, e corrobora com

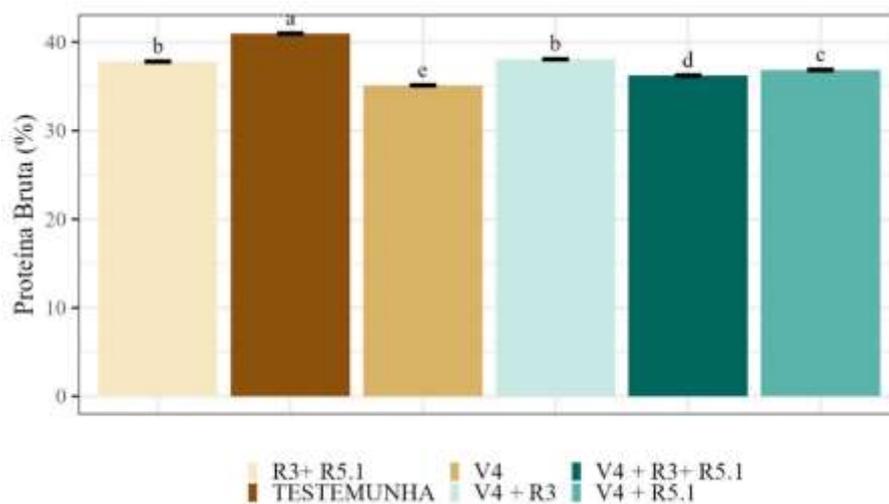
Vitti et al. (2007) que também observaram resultados superiores de acúmulo de enxofre nos grãos quando utilizado a suplementação foliar em estágio vegetativo e reprodutivo da cultura da soja.

O maior teor de ferro (Fe) nos grãos 100 mg.kg^{-1} foi observado na testemunha, enquanto o menor valor 70 mg.kg^{-1} (Figura 2G) foi observado no tratamento 6 (V4 + R3 + R5.1). Cerca de 21,8 % do Fe extraído pela soja é exportado aos grãos (OLIVEIRA et al., 2020; FLOSS, 2022), o nutriente tem papel importante na respiração celular, composição da clorofila e degradação do peróxido de hidrogênio tóxico as plantas (SFREDO, 2004), pH elevado evidencia a deficiência de Fe e está deficiência é observada quando baixas concentrações de Fe estão disponíveis para a absorção pelas raízes segundo observado por Bataglia e Mascarenhas (1981). Os resultados obtidos podem ser explicados por Sfredo (2010), que indica um antagonismo ao molibdênio na absorção de Fe, tendo em vista que esse micronutriente também fazia parte da composição do adubo aplicado via foliar, a superioridade de absorção da testemunha se deu pela disponibilidade do Fe no solo com pH (CaCl_2) 5,2 em área de cultivo onde foi realizado o experimento, e contrapartida a intensificação do antagonismo de absorção e exportação para o grão de soja do Fe no tratamento 6, que contou com três diferentes épocas de aplicação.

Para o teor de manganês nos grãos de soja da testemunha apresentou o maior valor com 49 mg.kg^{-1} e menor valor no tratamento 2 (aplicação em V4) com teor de 37 mg.kg^{-1} (Figura 2H). O manganês em solos com $\text{pH} < 5,5$ (caso da área experimental) é altamente disponível podendo se tornar tóxico, e ainda interfere na nodulação e fixação de N pelas plantas (FRANCO, 1971 e EMBRAPA 2011). Diante do exposto, os resultados evidenciam que a síntese de nutrientes auxiliou na regulação de absorção desse nutriente, mantendo todos os teores do nutriente no grãos dentro dos valores relatados por Lima et. al (2004), Bataglia e Mascarenhas (1977) e Oliveira Junior et al. (2020) que estabeleceram uma média de $38,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ de exportação do nutriente para os grãos de soja, corroborando com os resultados obtidos.

Para o Zinco (Zn), o valor de 32 mg.kg^{-1} observado no tratamento 5 (V4 + R5.1) foi o maior teor do nutriente nos grãos de soja, e 12 mg.kg^{-1} como menor teor no tratamento 2 (V4) (Figura 2I). O Zn é o segundo micronutriente mais exportado para os grãos de soja segundo Oliveira et al. (2017) e Oliveira Junior et al. (2020). Segundo Floss (2022) a deficiência de Zn é mais ocorrente em solos arenosos, e a marcha de absorção do nutriente tem seu ápice no estágio da maturação plena (R8). O zinco é parte importante ligado na síntese de precursores

de formação de raízes segundo Blakesley et al. (1991) e a translocação do Zn acontece principalmente na etapa final de enchimento (senescência) como explicado por Wood et al. (1986) que encontrou uma redução de cerca de 50% do teor de Zn nas folhas de plantas de soja em um intervalo de 24 dias da fase inicial do enchimento de vagens a etapa final do enchimento. Isso corrobora com os resultados obtidos que mostram que no tratamento 5, onde ocorreu uma das aplicações no estágio inicial (V 4) e de enchimento de grãos (R5.1), a translocação de Zn para o grão foi favorecido, enquanto na aplicação foliar em apenas (V4) resultou em menor teor.



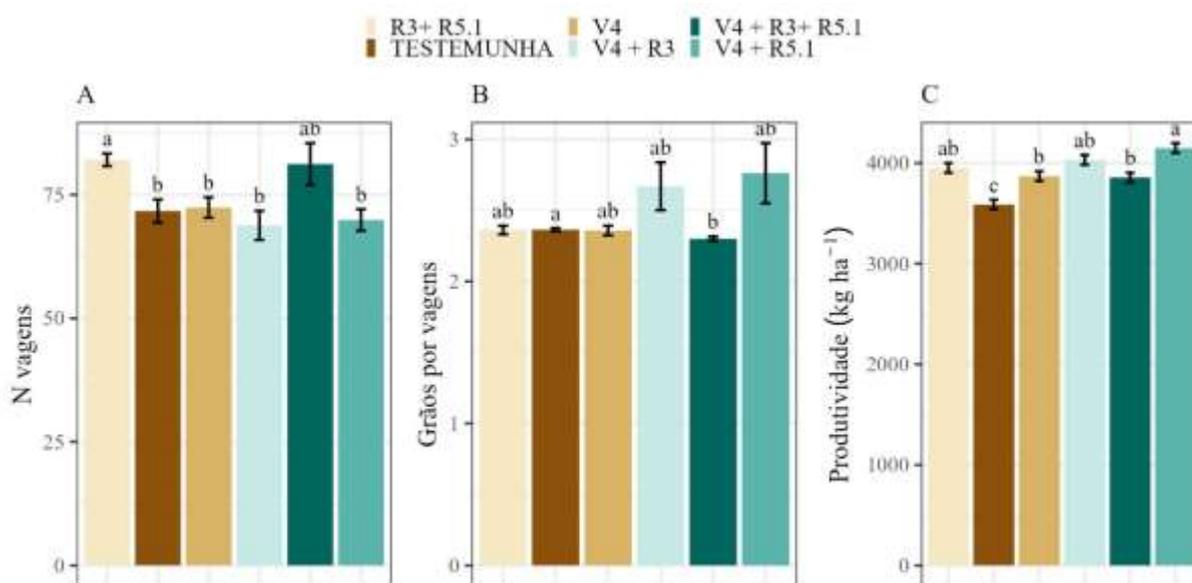
Fonte: Autor da pesquisa

FIGURA 3. Resultados do teste Tukey para comparação entre os níveis de proteína bruta em grãos de soja em função da época de aplicação de adubos foliares.

O uso dos grãos e/ou derivados da soja constitui uma excelente alternativa com caráter econômico agregado para suprir a necessidade de proteína na alimentação humana e animal (CARRÃO-PANIZZI, 1998). O teor de proteína está relacionado diretamente com a quantidade de N fixado pela planta, cerca de 16,5% da PB é composta por esse nutriente, que é utilizado na síntese de aminoácidos, onde a quebra das estruturas de reserva são translocadas a proteína e aminoácidos na etapa de enchimento aos grãos, como é explicado por Floss (2022).

Segundo Pípolo (2002) características edafoclimáticas favoráveis, conciliadas a disponibilidade de N para absorção, são fatores determinantes para o aumento da síntese destes nutrientes pela planta de soja. Entretanto, o aumento de rendimento da soja é controverso moderadamente ao acúmulo de proteína bruta nos grãos de soja (RANGEL et al.,

2007). O maior teor de proteína bruta nos grãos foi observado na testemunha 40,8% (Figura 3), o qual obteve o menor produtividade (Figura 4 C).



Fonte: Autor da pesquisa

FIGURA 4. Resultados do teste Tukey para comparação entre os níveis de tratamento relacionados a componentes de produtividade.

O uso de adubação foliar em plantas de soja auxilia o acúmulo de matéria seca, o desenvolvimento de raízes secundárias e aumento da atividade de enzimas antioxidantes e de resistência, como relatado por Teixeira (2017).

Houve aumento do número por vagens por planta (Figura 4 a) o tratamento 3 (R3 + R 5.1) e tratamento 6 (V4+ R3 + R 5.1) Para o número de grãos por vagem o maior valor foi observada no tratamento 4 e 5 (Figura 4 B).

A maior produtividade foi observado no tratamento 5 (R3 + R 5.1) que não diferiu estatisticamente do tratamento 3 e 4 (Figura 4 C), enquanto a menor produtividade foi observado para testemunha.

O manejo da adubação foi na fase vegetativa em estágio mais adiantados da fase reprodutiva (R3 + R 5.1) contribuem provavelmente para o pagamento de vagem (Figura 4 A) e enchimento de grãos viáveis (Figura 4 B), resultando em acréscimo de produtividade (Figura 4 C), corroborando com Calvalcante et al (2020) que obteve um acréscimo de até 22% em produtividade com o uso de produtos foliares a base de biofertilizantes e na cultura da soja.

CONCLUSÕES

A época de aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja visando acúmulo de nutrientes nos grãos demonstrou ser mais eficaz nos estágios reprodutivos R3 e R5.1. E a combinação da aplicação foliar de nutrientes durante o estágio vegetativo V4 e estágios reprodutivos R3 e/ou R5.1, resultou em um aumento na produtividade da cultura da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.. **Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p. 449-456, 2006.

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A.; TISSELLI FILHO, O. **Composição mineral das sementes de nove cultivares de soja**. Bragantia, v. 36, p. 47-50, 1977.

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. **Toxicidade de ferro em soja**. Bragantia, v. 40, p. 199-203, 1981.

BERNIS, D.J; VIANA, O. H. **Influência da aplicação de nitrogênio via foliar em diferentes estágios fenológicos da soja**. Revista Cultivando o Saber, edição especial, p. 88 – 97. 2015.

BLAKESLEY, D.; WESTON, G. D.; HALL, J. F. **O papel do auxina endógena na iniciação de raízes**. Plant Growth Regulation, Países Baixos, v. 10, p. 341-353, 1991.

BORKERT, C. M. **Soja: adubação foliar**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 34 p. (Documentos, 22).

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: Potencial de Uso na Dieta Brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 16p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 113).

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, M. J. B.; ABDÃO DOS PASSOS, A. M.; OLIVEIRA, J. A. **Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo**. Revista Ciência Agronômica, v. 42, p. 930-939, 2011.

CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. **Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja**. Irriga, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R.; LOUREIRO, M. F.; DOS SANTOS, E. N.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Adubação Nitrogenada na Cultura da Soja**. Comunicado Técnico, Embrapa Soja, Londrina, 2001.

COELHO, P. H. M.; BENETT, K. S. S.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; NASCIMENTO, M. V. **Crescimento e produtividade de dois cultivares de soja em função de doses de silício**. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 3, p. 60-65, 2019.

CONAB – **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2022/23**, v. 9, n. 6, sexto levantamento, mar. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> . Acesso em: 25 de outubro de 2023.

CORDEIRO, D. S.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; SARRUGE, J. R.; PALHANO, J. B.; CAMPO, R. J. **Calagem, adubação e nutrição mineral**. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Ecologia, manejo e adubação da soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1979. p. 19-49. (Circular Técnica, 2).

DALPIVA, D. **Aplicação foliar de cálcio na cultura da soja**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 3ª ed. Brasília, DF; 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Produção (Embrapa – Soja). Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2009 e 2010**. Londrina: Embrapa, 2011. 261p.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; DE JONG VAN LIER, Q.; SANTOS, O. S.; MÜLLER, L. F. **Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - Revisão**. *Revista da FZVA*, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C. M. **Foliar Fertilization of Crop Plants**. *Journal of Plant Nutrition*, v. 32, n. 6, p. 1044-1064, 2009.

FAGERIA, N. K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado**. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 36, p. 1419-1424, 2001.

FAVARIM, J. L.; MARINI, J. P. **Importância dos micronutrientes para a produção de grãos**. Jun. 2000. Citação de referências e documentos eletrônicos. Disponível em: <http://www.sna.agr.br/artigos/> Acesso em: 01 jun. 2023.

FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. VIÇOSA, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FERNÁNDEZ; V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P.; **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. p.150. Abisolo. São Paulo. 2015.

FLOSS, E. L. **Maximizando o rendimento da soja: “Ecofisiologia, nutrição e manejo”**. 2ª ed. 2022.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. **Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja–Rhizobium**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 6, n. 1, p. 57-66, 1971.

GAZOLA, R. N.; LOVERA, L. H.; CELESTRINO, T. S.; DINALLI, R. P.; MONTANARI, R.; QUEIROZ, H. A. **Variabilidade espacial das concentrações de nutrientes foliares da soja correlacionadas com atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico.** Revista Ceres, v. 64, p. 441-449, 2017.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.** Chennai: Pearson, 2017. 520 p.

INOCENCIO, MAYKOM FERREIRA. **Frações de zinco no solo e biofortificação agrônômica com selênio, ferro e zinco em soja e trigo.** 2014. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras–UFLA.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2021). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Dezembro 2021.** Disponível:<<https://dados.gov.br/dataset/la-levantamento-sistematico-da-producao-agricola-lspa>>Acesso: 12 de Setembro de 2023.

JOLIVET, P.; BERGERON, E.; ZIMIERSKI, A.; MEUNIER, J. C. **Metabolism of elemental sulphur and oxidation of sulphite by wheat and spinach chloroplasts.** Phytochemistry, v. 38, p. 9-14, 1995.

KACHINSKI, W. D.; VIDIGAL, J. C. B.; ÁVILA, F. W. **Zinco no solo, na planta e a saúde humana: uma revisão.** Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e827973544-e827973544, 2020.

LAMBAIS, G. R. **Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso do glifosato na cultura de soja.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LANGE, A.; CAVALLI, E.; PEREIRA, C. S.; CHAPLA, M. V.; FREDDI, O. S. **Relações cálcio: magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho.** *Nativa*, v. 9, n. 3, p. 294-301, 2021.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. **Giberelina e citocinina no crescimento da soja.** Scientia Agricola, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

LIMA, D. V.; KLIEMANN, H. J.; DE MORAES, M. F.; LEANDRO, W. M. **Relações entre doses de calcário e manganês na nutrição mineral da soja na região de Rio Verde-GO.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 34, n. 2, p. 65-73, 2004.

MAGALHÃES, W. A.; MEGAIOLI, T. G.; FREDDI, O. S.; SANTOS, M. A. **Quantificação de nutrientes em sementes de soja.** *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 13, n. 2, 2015. e-ISSN 1677-6062.

MALAVOLTA E, VITTI G.C, OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos; 1997.

MANDIC, V.; SIMIC, A.; KRNJAJA, V.; BIJELIC, Z.; TOMIC, Z.; STANOJKOVIC, D.; USLIE, R.D. **Effect of foliar fertilization on soybean grain yield.** *Biotechnology in Animal Husbandry*. v.31, n.1, p 133-143, 2015

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. Ed New York: Academic Press, 1995.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed London: Elsevier, 643p. 2012

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.. **Potássio para a soja**. *O Agrônômico*, v. 55, n. 1, p. 20, 2003.

MEDEIROS, L. B.; AISENBERG, G. R.; PETER, M.; ROLIM, J. M.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T. **Nitrogênio em soja: qualidade fisiológica das sementes**. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v. 120, n. 1, p. 4, 2021.

MENDONÇA JUNIOR, J.; VIEIRA, J. M. R.; SETE DA CRUZ, R. M.; ALBERTO, O. **Avaliação da produtividade na cultura de soja, com aplicação foliar de aminoácidos em diferentes doses e estádios fenológicos**. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v. 8, n. 2, p. 178-186, 2019.

NOGUEIRA, P. D. M.; JÚNIOR, D. G. S.; RAGAGNIN, V. A. **Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura**. *Global Science and Technology*, v. 3, n. 2, 2010.

NUTTI, M. R. **Biofortificação no Brasil: desenvolvendo produtos agrícolas mais nutritivos**. 2010.

OLIVEIRA, F. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; SILVA, L. M.; VIEIRA, B. C. **Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja**. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 28-35, dez. 2017. ISSN 2358-6303.

OLIVEIRA J. A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. F. **Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja**. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (Eds.). *Tecnologias de produção de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

OLIVEIRA, J.S.A.; RIBEIRO, D.O. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FERTILIZANTES FOLIARES APLICADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DA SOJA**. *Anais da Semana Universitária e Encontro de Iniciação Científica* (ISSN: 2316-8226), v. 1, n. 1, 2022.

PARENTE, T.L; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; SOUZA, L.G.M de; PIVETTA, R.S; BOSSOLANI, J. W.. **Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão**. *Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 3, p. 193-200, jul./set. 2016.

PIPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PRIMAVESI, O. **Resultados de Nitrofoska foliar em diversas culturas no Brasil**. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 1., 1980, Botucatu, SP. Anais... Botucatu: FEPAF, 1981. p. 73-109.

QUIRINO, A. S.; RIBEIRO, V. O.; DA SILVA, D. V. **Adubação foliar na cultura da soja.** *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 12, n. 1, 2023.

RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; CARDOSO, P. C. **Efeitos da interação genótipos x ambientes no rendimento de grãos e nos teores de proteína de cultivares de soja.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 3, p. 351-354, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2007.

R CORE TEAM (2023). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

REZENDE, P. M. de.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, J.P.; ANDRADE, M.J.B. de; ALCANTARA, H.P. **Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja [Glycine max (L.) Merrill].** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1255-1259, 2009.

REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L. L.; BOTTINO, L. **Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, 2005.

RODRIGUES, V. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; PORTUGAL, J. R.; MUNDT, T. T.; OLIVEIRA, S. L. de; GARCIA, A.; CALONEGO, J. C.; LOLLATO, R. P. **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.

ROSSI, G. **Influência de diferentes doses de Fósforo e Potássio nos aspectos morfológicos, fisiológicos e na produtividade de plantas de soja tratadas com ácido 2, 3, 5-triiodobenzóico.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. 2010.

ROSOLÉM, C. A. **Adubação foliar.** In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA, 1984. p. 419-449.

SANTOS, J. E. S. **Programa de biofortificação nos territórios desnutrição e insegurança alimentar.** 2023.

SEIXAS, C.D.S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT, A.A.; KRZYZANOWSKI, J.F.C.; LEITE CAMPO, R.M.V.B. **Tecnologias de Produção de Soja: Embrapa Soja**, 2021. 347 p. - (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902, n.17).

SFREDO, G. J. BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 44 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n. 231)

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Soja: molibdênio e cobalto.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 322).

SFREDO, G. J.; PANIZZI, M. C. C. **Importância da adubação e da nutrição na qualidade da soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1990. 57 p. (Documentos, 40).

SFREDO, G. J. *Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral*. Londrina: Embrapa Soja, 148 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n. 305). 2008.

SILVA. **Análise do custo de produção da safra 2022/2023 de soja no Mato Grosso do Sul** https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/CUSTOSDEPRODUCAODESOJA2022_2023_0.pdf . Acesso 15 maio de 2023

SILVA, G. do C. C. da. **Biofortificação de soja com zinco**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

SILVA, N. F.; CLEMENTE, G. S.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L.N.S.; CUNHA, F.N.; AZEVEDO, L. O.S.; SOUZA, F.C.; SANTOS, M.A. **Manejo fisiológico na fase de enchimento de grãos da cultura da soja com fertilizante foliar**. Global Science and Technology. Rio verde. v.10, n.03, p.54-65, 2017.

STASINOPOULOS D. M., RIGBY R.A., HELLER G., VOUDOURIS V., AND DE BASTIANI F. **Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in R**, Chapman and Hall/CRC, 2017.

STAUT, Luiz Alberto. **Adubação foliar com macro e micronutrientes na cultura da soja**. 2006.

STAUT, Luiz Alberto. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Santarém, E. R. et. Al. 3. ed.; Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; GALLO, P. B. **Concentração e produtividade de óleo e proteína de soja em função da adubação potássica e da calagem**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 4, p. 463-469, 1995.

TEIXEIRA, W. F. **Avaliação do uso de aminoácidos na cultura da soja**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; PIEDADE, S. M. de S.; FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. **Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 225-229, 2007.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Informações Agronômicas. Piracicaba, POTAFÓS, 2000.

WHITE, P. J., & BROADLEY, M. R. **Physiological limits to zinc biofortification of edible crops**. *Frontiers in Plant Science*, 2, 1-11, 2011.

WHITE, P. J. **O uso de nutrientes em plantas cultivadas**. Por NK Fagéria. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press, pp. 430. ISBN 978-1-4200-7510-6. *Agricultura Experimental*, v. 45, n. 3, pág. 380-380, 2009.

WHITE, Philip J.; BROADLEY, Martin R. **Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine.** *New Phytologist*, v. 182, n. 1, p. 49-84, 2009.

WOOD, L. J.; MURRAY, B. J.; OKATAN, Y.; NOODÉN, L. D. **Efeito da distribuição do floema do pecíolo na distribuição de amido e minerais em folhas senescentes de soja.** *American Journal of Botany, Bronx*, v. 73, p. 1377-1383, 1986.