



CURSO DE AGRONOMIA

GUILHERME DA SILVA DIAS

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NO
TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA**

**Sinop/MT
2026**

CURSO DE AGRONOMIA

GUILHERME DA SILVA DIAS

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NO
TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Agronomia, do Centro Universitário UNIFASIPE, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador(a): Dra. Suzilaine Yasmim da Silva Cavalcante

GUILHERME DA SILVA DIAS

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NO
TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Agronomia, do Centro Universitário UNIFASIPE, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em / / .

Profa. Dra. Suzilaine Yasmim da Silva Cavalcante
Professora Orientadora:
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Roberta Flávia Cipriano da Silva
Professor (a) Avaliador(a):
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Lucas Guimarães Ramos
Professor(a) Avaliador(a):
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE

Suzilaine Yasmim da Silva Cavalcante
Departamento de Agronomia - UNIFASIPE
Coordenador (a) do Curso de Agronomia.

DIAS, Guilherme da Silva. **Influência da Aplicação de Micronutrientes no Tratamento de Sementes de Soja**. 2026. 47 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia da FASIP- Faculdade de Sinop.

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas agrícolas produzidas no Brasil, sendo a qualidade fisiológica das sementes um fator determinante para o estabelecimento inicial da lavoura e para a obtenção de elevadas produtividades. O tratamento de sementes com micronutrientes tem sido utilizado como estratégia para potencializar a germinação e o vigor das plântulas, destacando-se os elementos cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), essenciais para processos metabólicos e enzimáticos das plantas. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses crescentes de cobalto, molibdênio e níquel aplicadas via tratamento de sementes sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de soja. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e quatro repetições, utilizando as doses de 0, 1, 2, 4 e 6 mL kg⁻¹ de sementes. Foram avaliadas as variáveis germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento e espessura de raiz e hipocótilo, número de plântulas normais, anormais e sementes mortas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que a dose de 1 mL kg⁻¹ proporcionou os melhores resultados para germinação, vigor e formação de plântulas normais. As doses mais elevadas reduziram o desempenho fisiológico das sementes, indicando possíveis efeitos fitotóxicos do excesso de micronutrientes. Conclui-se que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel influencia a qualidade fisiológica das sementes de soja, sendo a dose de 1 mL kg⁻¹ a mais eficiente para promover a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.

Palavras-chaves: Cobalto; Germinação; *Glycine max*; Vigor de sementes.

DIAS, Guilherme da Silva. **Influence of Micronutrient Application in Soybean Seed Treatment**. 2026. 47 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia da FASIP- Faculdade de Sinop.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is one of the main agricultural crops produced in Brazil, and the physiological quality of the seeds is a determining factor for the initial establishment of the crop and for obtaining high yields. Seed treatment with micronutrients has been used as a strategy to enhance germination and seedling vigor, highlighting the elements cobalt (Co), molybdenum (Mo), and nickel (Ni), essential for metabolic and enzymatic processes in plants. This study aimed to evaluate the effects of increasing doses of cobalt, molybdenum, and nickel applied via seed treatment on the germination and initial development of soybean seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized design, consisting of five treatments and four replications, using doses of 0, 1, 2, 4, and 6 mL kg⁻¹ of seeds. The variables germination, first count, germination speed index (GSI), root and hypocotyl length and thickness, number of normal and abnormal seedlings, and dead seeds were evaluated. The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. The results demonstrated that the dose of 1 mL kg⁻¹ provided the best results for germination, vigor, and formation of normal seedlings. Higher doses reduced the physiological performance of the seeds, indicating possible phytotoxic effects of excess micronutrients. It is concluded that the application of cobalt, molybdenum, and nickel influences the physiological quality of soybean seeds, with the dose of 1 mL kg⁻¹ being the most efficient in promoting germination and initial seedling development.

Keywords: Cobalt; Germination; *Glycine max*; Seed vigor.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Tratamentos de sementes de soja acondicionados em papel Germitest para o teste de germinação.....	23
Figura 2 – Câmara de germinação tipo B.O.D. utilizada para condução do teste de germinação das sementes de soja.....	24
Figura 3 – Avaliação de plântulas normais, anormais e sementes mortas de soja durante o teste de germinação.....	26
Figura 4 – Aspecto visual das plântulas de soja submetidas aos diferentes tratamentos com produto à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), ao final do teste de germinação.....	29

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de soja submetidas a diferentes doses do produto à base de Co, Mo e Ni.....	27
Tabela 2 – Comprimento de raiz de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni	30
Tabela 3 – Comprimento de hipocótilo de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni	31
Tabela 4 – Espessura de raiz de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni	32
Tabela 5 – Espessura de hipocótilo de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni	33
Tabela 6 – Número de plântulas normais em função das doses de Co, Mo e Ni	34
Tabela 7 – Número de plântulas anormais em função das doses de Co, Mo e Ni	35
Tabela 8 – Número de sementes mortas em função das doses de Co, Mo e Ni	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Problematização.....	10
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Geral.....	12
1.3.2 Específicos	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Importância da Soja	13
2.2 Qualidade de Sementes.....	13
2.3 Germinação e Vigor de Sementes	14
2.4 Testes de Germinação	15
2.5 Tratamento de Sementes	16
2.6 Tratamento Sementes com uso de Nutrientes	17
2.6.1 Papel Fisiológico do Cobalto, Molibdênio e Níquel	17
2.6.2 Micronutrientes no Tratamento de Sementes.....	18
2.6.3 Efeito Doses Crescentes de Micronutrientes.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Local e Condições Experimentais.....	22
3.2 Tipo de Abordagem.....	22
3.3 Delineamento e Tratamentos	22
3.4 Procedimentos Experimentais.....	23
3.5 Variáveis Analisadas	25
3.5.1 Germinação.....	25
3.5.2 Índice de velocidade de germinação (IVG).....	25
3.5.3 Plântulas Normais e Anormais.....	25
3.5.4 Comprimento e Espessura de Raiz, Hipocótilo de Plântulas	26
3.6 Análise Estatística.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Germinação.....	27
4.2 Aspecto Visual das Plântulas	28
4.3 Comprimento de Raiz	30
4.4 Comprimento Hipocótilo	31

4.5 Espessura de Raiz.....	32
4.6 Espessura de Hipocótilo	33
4.7 Plântulas Normais	34
4.8 Plântulas Anormais.....	35
4.9 Sementes Mortas.....	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas mais importante e cultivada no Brasil e no mundo, ela surgiu na Ásia especificamente na China, é cultivada a mais de cinco mil anos, sua disseminação intensificou-se a partir do século XX (Dall'Agnol, 2016). Representando a nível mundial, o posto de principal oleaginosa produzida e consumida, se justificando pelo fato do seu uso para consumo humano como para consumo animal, através do farelo de soja, ou no uso para óleo no consumo humano (Da Silva; Lima; Batista, 2011).

Além de todos os aspectos fisiológicos, também é importante destacar o papel da soja no cenário econômico nacional, a cultura representa uma das principais fontes de renda e exportações no agronegócio brasileiro. Vieira Filho (2024) ressalta que o desempenho produtivo da cultura está associado não apenas aos fatores genéticos e de manejo, mas também a qualidade das sementes que são utilizadas na semeadura.

Para que a cadeia produtiva da soja funcione bem, é preciso colocar em prática estratégias que tornem cada etapa mais eficiente, desde a produção até o estabelecimento inicial das plantas no campo. O tratamento de semente é algo fundamental e de extrema importância, além de trazer benefícios para todas as culturas, onde se tem o objetivo de eliminar, controlar fungos, pragas que atacam sementes e mudas (Madruga *et al.* 2023).

Segundo Dan *et al.* (2012), produtos utilizados no revestimento das sementes podem atuar sobre a fisiologia, alterando a velocidade de absorção de água e ativação metabólicas. O uso de micronutrientes tem se destacado no tratamento de sementes, Da Silva e Oliveira (2021) demonstraram que a aplicação de elementos como zinco, molibdênio e níquel em sementes proporcionaram um melhor desempenho germinativo, isso sugere que a suplementação mineral via tratamento de sementes pode ser uma estratégia eficiente para potencializar o estabelecimento de plântulas saudáveis.

Alves *et al.* (2018), relataram efeitos positivos no crescimento inicial de plântulas de soja tratadas com aminoácido e micronutrientes, onde tratamentos com doses de (2 mL/kg de semente) resultam em maior acúmulo de P e K nas folhas e

melhor desempenho produtivo, enquanto doses mais elevadas como de (7 mL/kg de semente), não apresentaram o mesmo efeito.

Utilização em doses muito altas trazem desafios como redução na germinação das sementes, e aumento de número de plantas anormais. Comprometendo a qualidade fisiológica das sementes (Boldrin *et al.* 2024).

Diante da importância da germinação para o estabelecimento inicial da cultura da soja, e das incertezas existentes quanto aos efeitos de diferentes doses de micronutrientes no tratamento de sementes, torna-se necessário aprofundar a compreensão sobre como esses elementos influenciam o desempenho fisiológico das sementes (Tremea *et al.*, 2024). Nesse contexto, o trabalho buscou avaliar, em condições controladas, os efeitos de doses crescentes de cobalto, molibdênio e níquel sobre a germinação e o vigor das sementes de soja, contribuindo para identificar concentrações seguras e eficientes que promovam o desenvolvimento inicial de plântulas saudáveis.

1.1 Problemática

A germinação de sementes de forma rápida e uniforme é um dos principais indicadores de sua qualidade fisiológica, pois determina de forma direta o estabelecimento de plântulas normais e o estande inicial da cultura (Nascimento; Dias; Silva, 2011). A baixa porcentagem de germinação representa um dos principais entraves para o estabelecimento adequado das culturas. Quando poucas sementes germinam ou germinam de forma irregular, ocorre falhas na lavoura, maior competição com plantas daninhas, maior vulnerabilidade a pragas e doenças, além da necessidade de replantio, elevando custos e atrasando o ciclo produtivo (Nascimento; Dias; Silva, 2011).

Partindo deste contexto, o tratamento de sementes é uma prática essencial e muito utilizada para favorecer o desempenho inicial, seja por meio de proteção contra patógenos ou pela disponibilização de elementos que são capazes de estimular o metabolismo germinativo da semente (Goulart, 1998). Entre os tratamentos de sementes utilizados temos a aplicação de micronutrientes como o cobalto, molibdênio e níquel, que são muito ligados aos processos enzimáticos e pela sua relação com a fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo essencial nas leguminosas (Abreu Junior *et al.*, 2023; Zilli; Campo; Hungria, 2010).

Resultados de Dos Santos *et al.*, (2020) abordam possíveis benefícios, na

utilização de cobalto, molibdenio e níquel, quando usados em sua dose recomendada até (3 mL/Kg de semente) promovendo maior emergência e vigor. Entretanto há trabalhos abordando alguns pontos negativos referentes ao uso de doses mais elevadas como de (5 mL/Kg de semente), que resultando em desequilíbrio metabólicos nas plantas, afetando o processo de formação de plântulas saudáveis, indicando possíveis efeitos de fitotoxicidade (Boldrin *et al.*, 2024; Alves *et al.*, 2018).

Isso mostra que ainda se tem uma certa incerteza sobre até que ponto as doses desses nutrientes podem ser benéficas ou prejudiciais. Autores como Pinto e Lima (2025) reforçam a necessidade de se testar as doses e níveis do cobalto, molibdênio e níquel para o entendimento de como eles se comportam em relação a germinação, afirmando assim a falta de estudos conclusivos sobre o efeito dessas combinações em diferentes concentrações.

1.2 Justificativa

Para garantir a boa produtividade da cultura, é essencial assegurar um estande inicial uniforme e vigoroso, entre os fatores que influencia o tratamento de sementes é uma técnica muito utilizada para favorecimento e uma germinação ideal das sementes (Bairros *et al.*, 2025; Dan *et al.*, 2012).

Na perspectiva teórica e científica. Embora a grande parte dos estudos atuais envolva o uso de fungicidas e inseticidas, alguns trabalhos conduzidos com uso de micronutrientes demonstram alterações significativa nos parâmetros germinativos (Costa *et al.*, 2018; Rossetti *et al.*, 2023). Sugerindo como algo promissor para a potencialização do desempenho germinativo da cultura (Da Silva; Oliveira, 2021).

O uso de cobalto e molibdênio no tratamento de sementes proporciona melhorias no processo de fixação biológica de nitrogênio, etapa fundamental para culturas leguminosas como a soja. Esses micronutrientes atuam diretamente no metabolismo das bactérias simbióticas e na atividade da enzima nitrogenase, favorecendo a nodulação, o desenvolvimento inicial das plantas e o suprimento de nitrogênio ao longo do ciclo da cultura. Dessa forma, quando utilizados em doses adequadas, contribuem para o estabelecimento da lavoura e para o aumento do potencial produtivo (Abreu Junior *et al.*, 2023).

Apesar de diversos autores sugerirem que o tratamento de sementes com micronutrientes pode favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, os resultados existentes ainda são inconclusivos, sinalizando uma lacuna relevante na literatura. Pesquisas como as realizadas por Da Silva e Oliveira (2021), Alves *et al.* (2018) e Dos Santos *et al.* (2020) indicam benefícios do uso de nutrientes em baixas doses. Por outro lado, pesquisas mais recentes, como a realizada por Boldrin *et al.* (2024), indicam que doses elevadas de cobalto e molibdênio podem diminuir a germinação e intensificar a ocorrência de plântulas anômalas, indicando possíveis riscos de fitotoxicidade. Pinto e Lima (2025) também ressaltam que não se sabe exatamente qual é o limite seguro para a utilização desses elementos no tratamento de sementes, indicando a necessidade de pesquisas que investiguem de maneira controlada diferentes níveis de micronutrientes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Avaliar os efeitos de doses crescentes de produto à base de cobalto, molibdênio e níquel, aplicadas via tratamento de semente, sobre a germinação de soja.

1.3.2 Específicos

- Determinar porcentagem de germinação das sementes;
- Quantificar número de plântulas normais e anormais;
- Calcular índice de velocidade de germinação (IVG) dos tratamentos;
- Medir comprimento e espessura de radícula, hipocótilo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da Soja

A soja, uma das leguminosas mais importantes e cultivadas no mundo inteiro, tem sua origem no oriente, sendo cultivada e domesticada na China há mais de cinco mil anos. Tendo sua disseminação pelo mundo de forma lenta, que se intensificou drasticamente no século XX, tornando-se uma *commodity* fundamental, para economia mundial (Dall'Agnol, 2016).

Conforme dados da CONAB (2025), a safra de soja 2024/2025 se confirmou como a maior já registrada na história do Brasil. O cultivo foi de cerca de 48,2 milhões de hectares, alcançando uma produtividade média próxima de 60 sc/ha e uma produção de 171,5 milhões de toneladas.

O Brasil é o maior produtor de soja mundialmente, o estado de Mato Grosso é mais representativo da produção de soja, participando de uma dinâmica do mercado das *commodities* agrícolas dentro do País. atualmente é nomeado como um grande produtor de grãos, devido a disponibilidade de recursos naturais de forma abundante, com condições favoráveis e a implementação de inovações tecnológicas, levando a altas produções no estado (Wesz Junior; João, 2022).

Segundo Cepea e Abiove (2025), o recorde de produção na safra 2024/2025 ocorreu graças à expansão da área plantada, o uso de tecnologia e às condições climáticas favoráveis.

Esses dados de alta produtividade também estão diretamente relacionados à produção e ao uso de sementes de soja de alta qualidade, o que representa um grande desafio para o setor. Para que se tenha sementes com alta qualidade é imprescindível que se tenha investimento em tecnologias específicas para produção de sementes de alta qualidade e que haja controle de sua qualidade (Ulrich *et al.*, 2022).

2.2 Qualidade de Sementes

Pesquisadores e produtores têm buscado, cada vez mais, aprimorar tecnologias de produção e melhoramento de sementes, visando atender as demandas por materiais com melhor desempenho agrônomo. Assim, avanços contínuos nas áreas de genética, fisiológica e tecnológica de sementes têm

permitido disponibilizar matérias que ofereçam mais segurança e eficiência no plantio (Maciel; Tunes, 2021).

Em geral, considera-se sementes de alto qualidade aquela que apresenta germinação rápida e uniforme, originando plântulas normais, saudáveis e livres de contaminação. Essas sementes possuem todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, incluindo sistema radicular e parte aérea, garantindo maior vigor e capacidade de estabelecimento no campo. Dessa forma, a qualidade da semente torna-se um aspecto central para o produtor, pois está diretamente relacionado a formação de um estande de planta uniforme e adequando dentro da lavoura (Nascimento; Dias; Silva, 2011).

O vigor de sementes é um dos principais componentes da qualidade fisiológica e determina a velocidade, uniformidade e estabilidade da emergência. Machado *et al.* (2023) reforçam que o vigor de sementes é definido como o conjunto de características que confere maior ou menor capacidade de emergência e estabelecimento de plântulas no campo. Estando diretamente relacionado à capacidade da semente em manter rápida germinação, emergência uniforme e tolerância a condições adversas durante a fase inicial do desenvolvimento (Machado *et al.*, 2023).

O vigor depende da integridade do embrião, do conteúdo de reservas e da capacidade metabólica durante a germinação, o vigor de sementes possui forte relação com o manejo, o estado sanitário e as condições de armazenamento, sendo influenciado pelos teores nutricionais presentes nos tecidos embrionários, bem como pela capacidade da semente em mobilizar reservas e manter sua integridade celular durante o processo germinativo (Machado *et al.*, 2023).

Segundo Farooq; Wahid e Siddique, (2012) sementes com maior aporte mineral e equilíbrio nutricional apresentam maior tolerância ao estresse biótico e abiótico. Esses elementos estabelecem uma base fisiológica sólida para compreender por que micronutrientes aplicados via tratamento de sementes podem melhorar o vigor e o estabelecimento de plântulas.

2.3 Germinação e Vigor de Sementes

O processo de germinação pode ser definido como uma sequência ordenada de atividades metabólicas que resultam no desenvolvimento e crescimento do embrião. Esse processo é influenciado por diversos fatores, como a disponibilidade

de água, a temperatura ambiente, a presença de oxigênio, a exposição à luz, além de pragas e doenças que podem afetar diretamente a semente durante essa fase (Vieira; Carvalho, 2023).

O vigor das sementes refere-se ao conjunto de características que determinam o potencial para germinar e originar plântulas normais em diferentes condições ambientais. Sementes vigorosas apresentam maior velocidade de germinação, maior tolerância a estresses abióticos e melhor desempenho no campo, favorecendo maior uniformidade de emergência e, conseqüentemente, melhor implantação da cultura (Prado *et al.*, 2019). Testes como primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas e massa seca são amplamente utilizados para estimar o vigor, uma vez que refletem o desempenho fisiológico das sementes em resposta às condições experimentais (Maguire, 1962; Brasil, 2009).

Diversos fatores internos influenciam a germinação e o vigor, incluindo a integridade do embrião, o teor de nutrientes armazenados, a viabilidade dos tecidos, o grau de maturidade fisiológica e a sanidade da semente. Sementes deterioradas ou com danos mecânicos, por exemplo, apresentam menor capacidade de absorção de água e falhas na ativação metabólica, comprometendo a formação de plântulas normais (Prado *et al.*, 2019). A presença de patógenos também é um fator interno crítico. Fungos como *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp. e *Cercospora* spp. podem comprometer a qualidade fisiológica e sanitária, aumentando a incidência de plântulas anormais e reduzindo o vigor (Goulart, 1997).

Entre os fatores externos que afetam o desempenho germinativo, destacam-se temperatura, disponibilidade de água, oxigênio, luz e características do substrato. Condições inadequadas de umidade podem retardar ou impedir a embebição, enquanto níveis insuficientes de oxigênio podem limitar a respiração e o fornecimento de energia para as reações metabólicas iniciais (Gois; Simonetti, 2019). A temperatura exerce papel decisivo, sendo que valores abaixo ou acima do ideal podem reduzir a velocidade de germinação e favorecer o aparecimento de plântulas anormais (De Assunção *et al.*, 2023).

2.4 Testes de Germinação

Partindo do princípio da importância da germinação das sementes, realizar o

teste de germinação é de extrema importância para a determinação da taxa de germinação de determinado material, além da utilização do teste para uso de parâmetro na comercialização das sementes (Fina *et al.*, 2016).

De acordo com a Instrução normativa nº 45/2013 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o teste de germinação é obrigatório e exige que as sementes apresentem taxa mínima de 80% para fins de comercialização. No caso da semente básica, admita-se a comercialização com valores até 10% abaixo desse padra; contudo essa flexibilidade somente é permitida quando a negociação ocorre diretamente entre o produtor e o usuário final, mediante consentimento de ambas as partes (Brasil, 2013).

O Teste de germinação deve ser realizado respeitando requisitos padronizadas, no laboratório e com condições consideradas ideais para germinação da cultura (Coimbra, 2007). Condições essas que são padronizadas para que os testes possam ser reproduzidos por outras pessoas, e que se possa comparar com resultados já obtidos, respeitando sempre os limites tolerados pelas regras de análise de semente (Brasil, 2009).

2.5 Tratamento de Sementes

Considerando a importância dos fatores de manejo para o sucesso da germinação das sementes, destaca-se também o papel fundamental do tratamento de sementes (TS), pratica diretamente ligada a proteção do material e ao desempenho inicial da cultura (Barbosa *et al.*, 2023). O Tratamento de semente (TS) tem se consolidado como uma estratégia essencial na produção de sementes de soja, pois contribui para prevenção de diversas pragas e doenças, além de melhorar a eficiência e o estabelecimento das plântulas no campo. Sua adoção é reforçada pelo custo relativamente baixo e pelo impacto positivo no manejo integrado, tornando-se uma medida eficaz e economicamente viável para garantir maior segurança no processo de germinação (Goulart, 1997).

De forma didática, segundo Silva *et al.* (2022), o tratamento de sementes refere-se à aplicação de substâncias de origem químicas sobre as sementes, visando melhorar o desempenho das sementes a partir do processo de germinação e desenvolvimento da cultura até o estágio final. Já a inoculação está relacionada sobre a aplicação de produtos biológicos. Em contexto mais amplo TS se diz a

aplicação de produtos e substâncias químicas e biológicas sobre sementes visando proteção fitossanitária e melhoria nutricional e fisiológica das plantas.

O tratamento de sementes é reconhecido como ferramenta eficiente, econômica e estratégica para otimizar a germinação e o desempenho inicial. Alves *et al.* (2023) destacam uso de micronutrientes através do tratamento de sementes se destaca, pois disponibiliza microelementos para o processo de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, sendo eficiente em suprir elementos essenciais em uma fase crítica do ciclo da cultura.

O tratamento de sementes é uma opção melhor do ponto de vista econômico, pois requer menos micronutrientes, é fácil de aplicar e melhora o crescimento das plântulas. A aplicação de micronutrientes por meio do tratamento de sementes melhora o estabelecimento da cultura, antecipa eventos fenológicos e aumenta a produtividade na maioria dos casos (Farooq; Wahid e Siddique, 2012).

Ao utilizar cromatografia líquida de alta eficiência Kaam (2019) identificou que o tratamento industrial se destaca pela maior uniformidade e precisão na aplicação dos princípios ativos usados, enquanto *on farm* mostrou ter uma maior variabilidade e desuniformidade.

Tendo em vista a existência de inúmeros produtos para o TS, como inseticidas, fungicidas, biológicos, nematicidas, enraizadores, micronutrientes, deve-se ter total atenção com o tratamento de sementes, pelo que a semente é capaz de carregar com ela no momento do plantio. O TS depende da decisão do produtor acerca do que colocar junto de sua semente (Oliveira, 2025).

O revestimento de sementes modifica a interface semente-solo, permitindo a entrega de nutrientes, reguladores de crescimento, microrganismos ou outros compostos úteis diretamente à semente (Farooq; Wahid e Siddique, 2012).

2.6 Tratamento Sementes com uso de Nutrientes

2.6.1 Papel Fisiológico do Cobalto, Molibdênio e Níquel

O tratamento de sementes com nutrientes tem se tornado mais relevante por contribuir diretamente para o estabelecimento inicial das culturas. Os micronutrientes são vitais para o crescimento das plantas e sua deficiência pode impedir a fotossíntese, a respiração e a ativação de enzimas, limitando o aumento da produtividade (Farooq; Wahid e Siddique, 2012).

A disponibilidade adequada de micronutrientes é determinante para o crescimento vegetal, visto que elementos como níquel, cobalto, molibdênio e fósforo participam de processos vitais relacionados ao metabolismo energético, enzimático e ao desenvolvimento radicular e foliar, refletindo diretamente na produtividade final da cultura (De Oliveira *et al.*, 2025). Os solos brasileiros são pobres em cobalto e molibdênio, principalmente os solos da região do cerrado, tornando essencial o fornecimento desses micronutrientes no solo para as plantas (Silva; Soares, 2023). A baixa disponibilidade de cobalto e molibdênio no solo pode comprometer a fixação biológica do nitrogênio, uma vez que a ausência de um interfere na eficiência do outro (Silva; Soares, 2023).

O níquel é essencial por ativar reações bioquímicas na planta, sobretudo a atividade da urease, enzima responsável pela hidrólise da ureia e fundamental para o metabolismo do nitrogênio (De Oliveira *et al.*, 2025). O níquel é um micronutriente importante por ser componente estrutural das enzimas urease e hidrogenase, que exercem função no metabolismo do nitrogênio nas plantas leguminosas (Silva; Soares, 2023). A aplicação de níquel no tratamento de sementes pode fortificar o processo de fixação biológica de nitrogênio e proporcionar maior desenvolvimento da parte aérea e de grãos (Silva; Soares, 2023).

O cobalto influencia diretamente a fixação biológica do nitrogênio por atuar na formação da Leghemoglobina, proteína indispensável para o funcionamento eficiente dos nódulos radiculares (De Oliveira *et al.*, 2025). O molibdênio integra enzimas relacionadas ao metabolismo do nitrogênio e do enxofre, desempenhando papel essencial na transferência de elétrons e na eficiência da fixação biológica de nitrogênio (De Oliveira *et al.*, 2025).

2.6.2 Micronutrientes no Tratamento de Sementes

Dos Santos *et al.* (2020) afirmam que o uso de bioestimulantes e complexos de nutrientes pode ter um efeito positivo no crescimento das raízes e na qualidade fisiológica da soja, o que ajuda no desenvolvimento inicial das plântulas.

Avanços tecnológicos, como o uso de aminoácidos e micronutrientes no tratamento de sementes, estão se firmando como opções eficientes para complementar a adubação convencional e aumentar a produtividade (Alves *et al.*, 2018). Abreu Júnior *et al.* (2023) relataram que a aplicação de cobalto e molibdênio em sementes é crucial para a fixação biológica de nitrogênio, um processo vital para

a simbiose com bactérias do gênero (*Bradyrhizobium*), A aplicação foliar de cobalto e molibdenio no estágio reprodutivo da planta, aumentam as concentrações de Co e Mo na semente, não afetando negativamente a nutrição, nem a produtividade. Já em condição de campo, as doses de Co e Mo aumentam a taxa de germinação e proporcionam os melhores índices de crescimento e vigor.

No estudo realizado por Dos Santos *et al.* (2020) foi examinado o emprego de um bioestimulante chamado Stimulate e de um complexo de nutrientes Raiz, durante o processo de tratamento das sementes. Os pesquisadores mostraram que apesar de não terem percebido um impacto significativo na germinação das plantas, quando os produtos foram combinados se teve um aumento notável no crescimento das raízes em ambiente laboratorial, juntamente com um acréscimo no diâmetro do caule e na quantidade total de matéria seca presente nas raízes, ao serem expostas às condições experimentais das estufas.

Da mesma forma, Alves *et al.* (2018) estudaram o efeito de aminoácidos e micronutrientes (Cobalto, Molibdênio e Zinco) aplicados em sementes de soja, isolados ou combinados. Os resultados mostraram aumento nos teores foliares de P e K, nos tratamentos com (Enxofre, Cobalto, Molibdênio e Zinco) e no tratamento Zinco, Molibdênio, Cobalto e Nitrogênio). Nos parâmetros de produtividade e rendimento de grãos ambos tratamentos expressaram melhores resultados comparados com a testemunha, podendo ter um acréscimo de até 69% quando comparados à testemunha.

Boldrin *et al.* (2024) investigaram o uso de diferentes doses de Co e Mo no tratamento de sementes de soja. Verificando que algumas doses (2,5 e 5 mL/Kg de semente) reduziram a germinação e aumentaram a incidência de plântulas anormais, enquanto doses mais baixas (0,625 mL kg) foram mais adequadas, favorecendo o crescimento inicial das plantas sem comprometer a qualidade fisiológica das sementes.

Em milho, Da Silva e Oliveira (2021) avaliaram o tratamento de sementes com diferentes produtos comerciais à base de micronutrientes (B, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, S e Zn), com dose de (300 mL/ha e 600 mL/ha), embora não tenham encontrado diferenças estatísticas em relação à testemunha, os autores relataram tendência de incremento no alongamento das plantas e na massa seca de raízes, sugerindo efeito positivo no crescimento inicial.

Em trabalho de De Oliveira *et al.* (2025), a aplicação integrada de níquel, cobalto, molibdênio proporcionou maior desenvolvimento foliar e radicular, aumento do número de vagens e incremento produtivo de aproximadamente 6,4 sc/ha, evidenciando o papel estratégico desses micronutrientes no desempenho produtivo da soja. Em trabalho de Silva e Soares, (2023) a aplicação do produto comercial a base de cobalto, molibdênio e níquel, via tratamento de sementes ampliou a produção de massa de raízes e da parte aérea.

Ao analisar os estudos, nota-se que o tratamento de sementes com micronutrientes produz efeitos diversos a depender da cultura, do produto e da quantidade utilizada. No cultivo de soja, Dos Santos *et al.* (2020) observaram melhorias no crescimento radicular e no aumento da matéria seca das raízes ao combinar bioestimulantes com complexos de nutrientes. Por outro lado, Alves *et al.* (2018) relataram aumentos significativos na produtividade e no peso de mil grãos com o uso de aminoácidos e micronutrientes.

No trabalho de Boldrin *et al.* (2024) ressaltaram que a ação benéfica do Co e do Mo, depende da quantidade aplicada, uma vez que doses elevadas prejudicam a germinação, enquanto doses baixas favorecem o crescimento inicial. O estudo de Da Silva e Oliveira (2021) com milho também mostrou uma tendência de aumento no alongamento das plantas e no acúmulo de massa seca das raízes com o uso de micronutrientes, mas sem diferenças estatísticas.

Essa técnica traz vantagens operacionais como diminuição de despesas, aumento da eficiência na utilização de fertilizantes, distribuição homogênea dos componentes e antecipação da disponibilidade de nutrientes, aspectos que ressaltam a importância para o crescimento inicial das plantas. Avanços tecnológicos como a utilização de aminoácidos e micronutrientes no tratamento de semente estão se consolidando como alternativas eficazes para complementar a fertilização tradicional e aumentar a produtividade (Alves *et al.*, 2018).

2.6.3 Efeito Doses Crescentes de Micronutrientes

Embora o tratamento de sementes com micronutrientes apresente uma série de benefícios comprovados para germinação, vigor e desenvolvimento inicial, a literatura enfatiza que essa prática deve ser realizada com cautela, pois a linha entre eficiência e toxicidade é muito estreita. Ou seja, pequenos excessos podem causar danos irreversíveis à semente, comprometendo a emergência, reduzindo a

velocidade de germinação e até causando morte embrionária (Farooq; Wahid e Siddique, 2012).

Essa recomendação reafirma que a toxicidade não é apenas possível, ela é provável quando as doses não são cuidadosamente ajustadas. Outro risco relevante, evidenciado no estudo de Alves *et al.* (2023), é a acumulação de micronutrientes no tegumento, o que pode criar microambientes tóxicos durante a germinação. Machado *et al.* (2023) afirmam quando altas quantidades ficam retidas no tegumento, a liberação para a solução de embebição pode gerar uma concentração de íons elevada o suficiente para causar danos, tais como desnaturação de proteínas, rompimento de membranas, inibição de enzimas e interferência na absorção de água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Condições Experimentais

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes da UNIFASIPE, situada na cidade de Sinop - Mato Grosso (-11.8527536, -55.5384381), com altitude de aproximadamente 384 metros acima do nível do mar, com relevo predominantemente plano, com clima tropical chuvoso, com duas estações bem definidas: chuva e seca.

3.2 Tipo de Abordagem

O experimento foi realizado de forma quantitativa, em condições controladas de laboratório, visando avaliar os efeitos de diferentes doses do produto comercial, formulado à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), sobre a germinação da cultivar de soja GH2478 (*Glycine max*).

3.3 Delineamento e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos corresponderam à testemunha (sem aplicação do produto) e a quatro doses do produto comercial, formulado à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). A dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes correspondeu à recomendação do fabricante (1x), sendo avaliadas ainda uma dose inferior (0,5x = 1 mL kg⁻¹) e duas doses superiores (2x = 4 mL kg⁻¹ e 3x = 6 mL kg⁻¹), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 01. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

TRATAMENTO	GARANTIAS PRODUTO	DOSE
T1	Testemunha	Sem tratamento semente
T2	Co 1% (14,1 g/L) Mo 10% (141g/L) Ni 1% (14,1 g/L).	1 ml/kg semente
T3	Co 1% (14,1 g/L) Mo 10% (141g/L) Ni 1% (14,1 g/L).	2 ml/kg semente

T4	Co 1% (14,1 g/L) Mo 10% (141g/L) Ni 1% (14,1 g/L).	4 ml/kg semente
T5	Co 1% (14,1 g/L) Mo 10% (141g/L) Ni 1% (14,1 g/L).	6 ml/kg semente

Fonte: Própria (2025).

Cada parcela experimental foi composta por 50 sementes de soja distribuídas em papel germitest (substrato), totalizando 200 sementes (quatro parcelas) por tratamentos (Brasil, 2009).

3.4 Procedimentos Experimentais

Para a realização dos tratamentos, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos limpos, nos quais foi aplicado o produto comercial (nome do produto), formulado à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), conforme as doses estabelecidas para cada tratamento: T1 – testemunha (sem aplicação); T2 – 1 mL kg⁻¹ de sementes; T3 – 2 mL kg⁻¹ de sementes; T4 – 4 mL kg⁻¹ de sementes; e T5 – 6 mL kg⁻¹ de sementes.

Em cada saco plástico foram adicionadas 50 sementes e a respectiva quantidade do produto, sendo posteriormente realizada agitação manual durante aproximadamente 60 segundos para promover a distribuição uniforme da calda sobre todas as sementes. Após o tratamento, as sementes permaneceram em repouso para completa aderência do produto (Figura 1).

Figura 1 – Tratamentos de sementes de soja acondicionados em papel Germitest para o teste de germinação.



Fonte: Própria (2026).

Após a homogeneização, as sementes foram depositadas sobre o papel germitest (substrato) previamente umedecido com água destilada para a realização do teste de germinação. A testemunha utilizada para o umedecimento do substrato foi equivalente a 2,5 vezes o peso do papel germitest, conforme recomendação das RAS (Brasil, 2009).

Foram utilizadas três folhas de papel germitest para cada repetição de 50 sementes, seguindo a RAS. As sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel germitest, sendo cobertas por uma terceira folha, de modo a garantir o contato adequado com o substrato e condições ideais para a germinação. Após esse procedimento, os papéis foram enrolados cuidadosamente, e em seguida, acondicionados em câmara de germinação do tipo B.O.D., mantida a 25 °C e com fotoperíodo de 12 horas. Os processos e preparação do teste tem como base o uso das Regras para Análise de Sementes (Figura 2) (RAS) (Brasil, 2009).

Figura 2 – Câmara de germinação tipo B.O.D. utilizada para condução do teste de germinação das sementes de soja.



Fonte: Própria (2026).

A contagem e avaliações das sementes foram realizadas ao 5° (primeira

contagem) e 8º dia (última contagem) após o tratamento das sementes, seguindo critério estabelecido pelas regras para análise de sementes (Brasil, 2009). Foram avaliados os seguintes parâmetros: porcentagem de germinação (PG); primeira contagem (PC); índice de velocidade de germinação (IVG); classificação de plântulas normais (PN); anormais (PA); mortas (SM); comprimento de raiz (CR); comprimento de hipocótilo (CH); espessura raiz (ER); espessura hipocótilo (EH)

3.5 Variáveis Analisadas

3.5.1 Germinação

A semente foi considerada germinada quando apresentar emissão de raiz primária com, no mínimo, 2 mm de comprimento, conforme os critérios descritos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). A taxa de germinação foi determinada segundo o procedimento proposto por Labouriau e Valadares (1976).

Determinado pela fórmula: $G = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100$

- o Onde: G= Porcentagem de germinação;
- o N= Número total de sementes germinadas ao final do experimento;
- o A= número total de sementes colocadas para germinar.

3.5.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado em conjunto ao teste de germinação e consiste em somar o número de sementes germinadas a cada dia e dividir esse valor pelo número de dias corridos para a germinação, metodologia proposta por Maguire (1962).

Determinado pela fórmula: $IVG = \frac{\sum G}{\sum N}$

- o Onde: IVG= Índice de Velocidade de Germinação;
- o G = Numero de sementes germinadas a cada dia;
- o N = Número de dias decorridos para a germinação.

3.5.3 Plântulas Normais e Anormais

Para avaliar as plântulas normais (PN), foram consideradas aquelas que tiverem todas as estruturas essenciais (cotilédones, hipocótilo e sistema radicular) desenvolvidas e sadias. Plântulas anormais (PA) foram aquelas que não apresentarem potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais. Sementes mortas (SM) aquelas que ao final do experimento não

germinaram e não apresentam nenhum sinal de início de germinação de acordo com a regra para análise de sementes (Figura 3) (RAS) (Brasil, 2009).

Figura 3 – Avaliação de plântulas normais, anormais e sementes mortas de soja durante o teste de germinação.



Fonte: Própria (2026).

3.5.4 Comprimento e Espessura de Raiz, Hipocótilo de Plântulas

Para a medição de comprimento de raiz (CR) e hipocótilo (CH), foi realizada utilizando régua para medição de comprimento. Já a espessura das estruturas foi medida utilizando um paquímetro.

As amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa fresca.

3.6 Análise Estatística

Atendido os pressupostos de normalidade, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a relação entre as variáveis foram avaliadas por análise de regressão, em nível de 5% de significância, com auxílio do software de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Germinação

Conforme apresentado na Tabela 1, as variáveis germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (IVG) foram influenciadas pelas diferentes doses do produto à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). De modo geral, observou-se melhor desempenho fisiológico das sementes nas menores doses, enquanto as doses mais elevadas reduziram a germinação e o vigor das plântulas.

Tabela 1 – Germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de soja submetidas a diferentes doses do produto à base de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Germinação (%)	Primeira contagem	IVG
T2	1 mL kg ⁻¹	84,50 a	41,75 c	13,78 b
T3	2 mL kg ⁻¹	78,00 ab	38,50 c	12,80 b
T1	Testemunha	73,00 ab	35,75 bc	11,92 ab
T5	6 mL kg ⁻¹	66,00 b	29,25 a	9,78 a
T4	4 mL kg ⁻¹	64,50 b	30,50 ab	10,22 a
CV (%)	—	8,84	7,66	8,33

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2025).

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que a aplicação de diferentes doses do produto à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) influenciou a germinação e o vigor das sementes de soja. Para a variável germinação, o tratamento T2 (1 mL kg⁻¹) apresentou a maior média (84,50%), diferindo estatisticamente dos tratamentos T4 (64,50%) e T5 (66,00%), que apresentaram os menores valores.

Os tratamentos T1 (73,00%) e T3 (78,00%) apresentaram comportamento intermediário, não diferindo dos demais. Na primeira contagem de germinação e no índice de velocidade de germinação (IVG), o mesmo comportamento foi observado, com os maiores valores registrados para T2 (41,75 e 13,78, respectivamente), seguido de T3 (38,50 e 12,80), enquanto T4 e T5 apresentaram os menores desempenhos. Esses resultados evidenciam que a aplicação de baixas doses do produto favoreceu tanto a germinação quanto o vigor inicial das sementes, ao passo

que as maiores doses comprometeram o desempenho fisiológico durante o processo germinativo.

Os resultados obtidos corroboram os encontrados por Boldrin *et al.* (2024), que verificaram redução da germinação e do vigor de sementes de soja submetidas a doses elevadas de cobalto e molibdênio, atribuindo esse comportamento aos possíveis efeitos fitotóxicos provocados pelo excesso desses micronutrientes. Da mesma forma, Alves *et al.* (2018) observaram que a utilização de micronutrientes em doses moderadas promoveu melhor desempenho fisiológico das sementes, enquanto concentrações superiores reduziram a eficiência do tratamento.

De acordo com Farooq, Wahid e Siddique (2012), os micronutrientes participam da ativação de enzimas e de processos metabólicos relacionados à mobilização das reservas da semente, favorecendo a absorção de água, a retomada da atividade metabólica e o desenvolvimento inicial das plântulas quando aplicados em concentrações adequadas. Entretanto, os autores ressaltam que doses excessivas podem provocar desequilíbrios fisiológicos e efeitos tóxicos, reduzindo a velocidade de germinação e comprometendo o vigor das sementes.

A primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de germinação são reconhecidos como importantes indicadores do vigor fisiológico das sementes, pois refletem a rapidez e a uniformidade da emergência das plântulas (Brasil, 2009; Maguire, 1962).

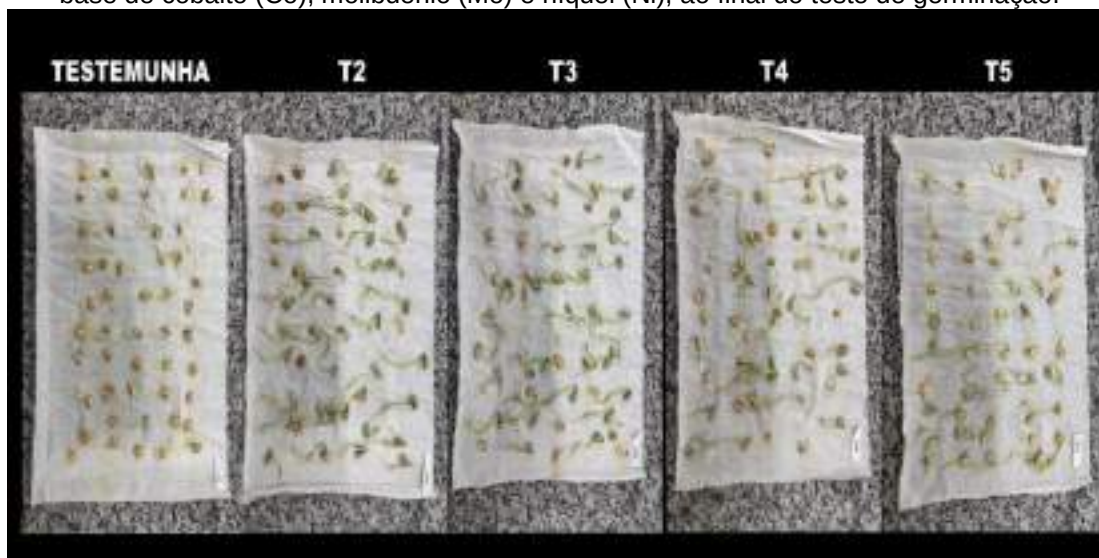
Dessa forma, os maiores valores observados no tratamento T2 demonstram que a dose de 1 mL kg⁻¹ proporcionou melhor desempenho fisiológico das sementes de soja, favorecendo uma germinação mais rápida, uniforme e eficiente. Em contrapartida, o aumento das doses reduziu tanto a germinação quanto o vigor das sementes, indicando que concentrações elevadas do produto podem limitar o desenvolvimento inicial das plântulas e comprometer o estabelecimento da cultura no campo.

4.2 Aspecto Visual das Plântulas

A avaliação visual das plântulas confirma os resultados apresentados na Tabela 1. Conforme ilustrado na Figura 4, os tratamentos T2 (1 mL kg⁻¹) e T3 (2 mL kg⁻¹) apresentaram maior número de plântulas normais e melhor desenvolvimento inicial, evidenciado pelo maior comprimento e pela maior uniformidade das estruturas. Em contrapartida, os tratamentos T4 (4 mL kg⁻¹) e T5 (6 mL kg⁻¹)

apresentaram menor número de plântulas normais, maior ocorrência de sementes não germinadas e plântulas menos desenvolvidas, corroborando os resultados obtidos para germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação.

Figura 4 – Aspecto visual das plântulas de soja submetidas aos diferentes tratamentos com produto à base de cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), ao final do teste de germinação.



Fonte: Própria (2026).

A avaliação visual apresentada na Figura 4 reforça os resultados obtidos na análise estatística, evidenciando que as menores doses do produto proporcionaram melhor desenvolvimento das plântulas de soja. Observa-se que os tratamentos T2 (1 mL kg⁻¹) e T3 (2 mL kg⁻¹) apresentaram maior número de plântulas normais, com desenvolvimento mais uniforme e estruturas mais vigorosas, enquanto os tratamentos T4 (4 mL kg⁻¹) e T5 (6 mL kg⁻¹) apresentaram maior quantidade de sementes não germinadas e plântulas com menor desenvolvimento, indicando efeito negativo das maiores doses sobre o estabelecimento inicial das plantas.

Esses resultados corroboram os encontrados por Boldrin *et al.* (2024), que verificaram redução do desempenho fisiológico de sementes de soja submetidas a concentrações elevadas de cobalto e molibdênio, atribuída aos efeitos fitotóxicos decorrentes do excesso desses micronutrientes. Da mesma forma, Farooq, Wahid e Siddique (2012) destacam que, embora os micronutrientes sejam essenciais para a ativação enzimática e para o metabolismo inicial das sementes, sua aplicação em concentrações acima do ideal pode provocar desequilíbrios fisiológicos, comprometendo a germinação e o desenvolvimento das plântulas.

Dessa forma, a análise visual complementa os resultados quantitativos apresentados na Tabela 1, demonstrando que a dose de 1 mL kg⁻¹ foi a que proporcionou melhor desempenho fisiológico das sementes de soja, enquanto o aumento das doses reduziu o vigor e o desenvolvimento inicial das plântulas.

4.3 Comprimento de Raiz

Nos resultados apresentados na Tabela 2, o tratamento T3 (2 mL kg⁻¹) apresentou a maior média (4,83 cm), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Em seguida, o tratamento T2 (1 mL kg⁻¹) apresentou média de 4,36 cm, enquanto T4 (3,36 cm) e T5 (2,90 cm) apresentaram valores intermediários. A menor média foi observada na testemunha (1,99 cm). Os resultados demonstram que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel favoreceu o desenvolvimento radicular das plântulas, principalmente nas doses intermediárias.

Tabela 2 – Comprimento de raiz de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Comprimento de raiz (cm)
T3	2 mL kg ⁻¹	4,83 d
T2	1 mL kg ⁻¹	4,36 cd
T4	4 mL kg ⁻¹	3,36 bc
T5	6 mL kg ⁻¹	2,90 ab
T1	Testemunha	1,99 a
CV (%)	—	14,49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

O comprimento de raiz é um importante indicador do vigor das plântulas, pois está diretamente relacionado à capacidade de absorção de água e nutrientes durante o estabelecimento inicial da cultura. Resultado semelhante foi observado por Dos Santos *et al.* (2020), que verificaram incremento no crescimento radicular de plântulas de soja submetidas ao tratamento de sementes com compostos nutricionais. Da mesma forma, Silva e Soares (2023) relataram aumento no desenvolvimento radicular de plantas tratadas com produtos à base de cobalto, molibdênio e níquel.

Segundo De Oliveira *et al.* (2025), esses micronutrientes participam de processos metabólicos relacionados ao metabolismo do nitrogênio e à atividade enzimática, favorecendo o crescimento das raízes. Dessa forma, os resultados

indicam que as doses de 1 e 2 mL kg⁻¹ proporcionaram melhor desenvolvimento radicular, contribuindo para maior potencial de estabelecimento das plântulas de soja.

4.4 Comprimento Hipocótilo

A avaliação do comprimento de hipocótilo, apresentada na Tabela 3, os tratamentos T3 (4,26 cm), T2 (4,00 cm), T4 (3,84 cm) e T5 (3,64 cm) apresentaram médias superiores à testemunha (2,21 cm), não diferindo entre si pelo teste de Tukey. A menor média foi observada na testemunha, demonstrando que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel favoreceu o crescimento do hipocótilo das plântulas. Os resultados indicam que a suplementação desses micronutrientes promoveu maior desenvolvimento da parte aérea durante os estágios iniciais da germinação.

Tabela 3 – Comprimento de hipocótilo de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Comprimento de hipocótilo (cm)
T3	2 mL kg ⁻¹	4,26 b
T2	1 mL kg ⁻¹	4,00 b
T4	4 mL kg ⁻¹	3,84 b
T5	6 mL kg ⁻¹	3,64 b
T1	Testemunha	2,21 a
CV (%)	—	8,59

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

O comprimento de hipocótilo é uma característica importante para avaliar o vigor das plântulas, pois está relacionado ao crescimento inicial e à capacidade de estabelecimento da cultura após a germinação. Resultados semelhantes foram observados por Dos Santos *et al.* (2020), que verificaram aumento no desenvolvimento de plântulas de soja tratadas com compostos nutricionais aplicados via sementes. Da mesma forma, Da Silva e Oliveira (2021) relataram tendência de incremento no crescimento inicial de plantas submetidas ao tratamento de sementes com micronutrientes.

Segundo De Oliveira *et al.* (2025), elementos como cobalto, molibdênio e níquel participam de processos metabólicos e enzimáticos essenciais para o desenvolvimento vegetal, favorecendo o crescimento das estruturas vegetativas. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que a aplicação dos

micronutrientes contribuiu para o maior desenvolvimento do hipocótilo das plântulas de soja quando comparado à testemunha.

4.5 Espessura de Raiz

A análise da espessura de raiz das plântulas de soja está apresentada na Tabela 4. Observa-se que o tratamento T4 (4 mL kg⁻¹) apresentou a maior média (0,865 mm), diferindo estatisticamente do tratamento T5 (0,515 mm), que apresentou o menor valor. Os tratamentos T1 (0,755 mm), T2 (0,730 mm) e T3 (0,710 mm) apresentaram resultados intermediários, não diferindo dos demais tratamentos. Os resultados demonstram que as doses intermediárias favoreceram o aumento da espessura radicular, enquanto a maior dose utilizada reduziu essa característica.

Tabela 4 – Espessura de raiz de plântulas de soja em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Espessura de raiz (mm)
T4	4 mL kg ⁻¹	0,865 b
T1	Testemunha	0,755 ab
T2	1 mL kg ⁻¹	0,730 ab
T3	2 mL kg ⁻¹	0,710 ab
T5	6 mL kg ⁻¹	0,515 a
CV (%)	—	19,44

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

A espessura da raiz é uma característica importante para o estabelecimento inicial das plântulas, pois está relacionada à capacidade de sustentação e absorção de água e nutrientes. Resultados semelhantes foram observados por Dos Santos *et al.* (2020), que verificaram alterações positivas no desenvolvimento radicular de plântulas de soja submetidas ao tratamento de sementes com micronutrientes. Segundo Taiz *et al.* (2017), o crescimento radicular depende diretamente do equilíbrio nutricional e da adequada atividade metabólica das células vegetais.

Dessa forma, a maior espessura observada no tratamento T4 sugere que doses intermediárias de cobalto, molibdênio e níquel podem favorecer o desenvolvimento estrutural das raízes. Por outro lado, a redução observada em T5 indica que concentrações mais elevadas podem limitar o crescimento radicular,

possivelmente em razão de efeitos tóxicos causados pelo excesso desses micronutrientes.

4.6 Espessura de Hipocótilo

Os resultados referentes à espessura de hipocótilo das plântulas de soja são apresentados na Tabela 5. Verifica-se que o tratamento T3 (2 mL kg⁻¹) apresentou a maior média (1,815 mm), diferindo estatisticamente do tratamento T5 (1,245 mm), que apresentou o menor valor. Os tratamentos T1 (1,615 mm), T2 (1,640 mm) e T4 (1,635 mm) apresentaram resultados intermediários, não diferindo entre si. Os dados indicam que as doses moderadas dos micronutrientes favoreceram o desenvolvimento do hipocótilo, enquanto a maior dose promoveu redução dessa característica.

Tabela 5 – Espessura de hipocótilo de plântulas de soja em doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Espessura de hipocótilo (mm)
T3	2 mL kg ⁻¹	1,815 b
T2	1 mL kg ⁻¹	1,640 b
T4	4 mL kg ⁻¹	1,635 b
T1	Testemunha	1,615 b
T5	6 mL kg ⁻¹	1,245 a
CV (%)	—	7,88

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

A espessura do hipocótilo constitui um importante indicador do vigor das plântulas, estando relacionada à resistência estrutural e à capacidade de estabelecimento inicial da cultura. De acordo com Marcos Filho (2015), sementes com maior vigor tendem a originar plântulas com melhor desenvolvimento morfológico e maior capacidade de adaptação às condições de campo.

Segundo Carvalho e Nakagawa (1983), o crescimento inicial das plântulas está diretamente relacionado à qualidade fisiológica das sementes e à disponibilidade adequada de nutrientes durante a germinação. Dessa forma, a maior espessura observada no tratamento T3 sugere que a dose de 2 mL kg⁻¹ proporcionou condições favoráveis ao desenvolvimento inicial das plântulas. Em contrapartida, a redução observada no tratamento T5 indica que concentrações mais

elevadas podem comprometer o crescimento vegetal, possivelmente em decorrência de efeitos negativos causados pelo excesso de micronutrientes.

4.7 Plântulas Normais

Os dados referentes ao número de plântulas normais estão apresentados na Tabela 6. Observa-se que o tratamento T2 (1 mL kg⁻¹) apresentou a maior média (29,50), diferindo estatisticamente dos tratamentos T1, T4 e T5. O tratamento T3 apresentou resultado intermediário (21,00), não diferindo dos demais tratamentos. As menores médias foram observadas nos tratamentos T1 (18,00), T5 (18,25) e T4 (19,00). Esses resultados indicam que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em doses adequadas favoreceu a formação de plântulas normais durante o processo germinativo.

Tabela 6 – Número de plântulas normais em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Número de plântulas normais
T2	1 mL kg ⁻¹	29,50 b
T3	2 mL kg ⁻¹	21,00 ab
T4	4 mL kg ⁻¹	19,00 a
T5	6 mL kg ⁻¹	18,25 a
T1	Testemunha	18,00 a
CV (%)	—	18,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

O número de plântulas normais constitui um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, uma vez que reflete a capacidade de originar plantas com potencial de desenvolvimento em condições de campo. De acordo com Brasil (2009), sementes de elevada qualidade apresentam maior porcentagem de plântulas normais e melhor desempenho durante a germinação.

Marcos Filho (2015) destaca que o vigor das sementes influencia diretamente o estabelecimento inicial das plântulas, contribuindo para maior uniformidade de emergência e desenvolvimento da cultura. Dessa forma, a superioridade observada no tratamento T2 sugere que a dose de 1 mL kg⁻¹ proporcionou condições favoráveis ao desenvolvimento embrionário e à formação de plântulas normais. Em contrapartida, os menores valores observados nos demais

tratamentos indicam que doses inadequadas podem limitar a expressão do potencial fisiológico das sementes

4.8 Plântulas Anormais

O número de plântulas anormais está apresentado na Tabela 7. Observa-se que o tratamento T2 (1 mL kg^{-1}) apresentou a menor média de plântulas anormais (11,50), diferindo estatisticamente do tratamento T3 (18,00), que apresentou o maior valor. Os tratamentos T1 (17,50), T4 (14,50) e T5 (15,75) apresentaram resultados intermediários, não diferindo dos demais tratamentos. Os dados indicam que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em doses adequadas contribuiu para a redução da formação de plântulas anormais durante o processo germinativo.

Tabela 7 – Número de plântulas anormais em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Número de plântulas anormais
T2	1 mL kg^{-1}	11,50 a
T4	4 mL kg^{-1}	14,50 ab
T5	6 mL kg^{-1}	15,75 ab
T1	Testemunha	17,50 ab
T3	2 mL kg^{-1}	18,00 b
CV (%)	—	17,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

A ocorrência de plântulas anormais constitui um importante indicador da qualidade fisiológica das sementes, uma vez que reflete possíveis alterações no desenvolvimento das estruturas essenciais para o estabelecimento das plantas. Segundo Brasil (2009), plântulas anormais apresentam defeitos que comprometem seu desenvolvimento normal em campo, reduzindo o potencial de estabelecimento da cultura.

Marcos Filho (2015) destaca que sementes de maior vigor tendem a apresentar menor incidência de anormalidades durante a germinação. Dessa forma, a menor quantidade de plântulas anormais observada no tratamento T2 sugere que a dose de 1 mL kg^{-1} favoreceu o desenvolvimento adequado das plântulas. Em contrapartida, o aumento observado nos demais tratamentos pode indicar que doses mais elevadas dos micronutrientes interferiram negativamente no processo germinativo, comprometendo a formação normal das estruturas vegetais.

4.9 Sementes Mortas

Os resultados obtidos para o número de sementes mortas estão apresentados na Tabela 8. Verifica-se que o tratamento T2 (1 mL kg⁻¹) apresentou a menor média (9,00), diferindo estatisticamente do tratamento T4 (16,50), que apresentou o maior valor. Os tratamentos T3 (11,00), T1 (14,50) e T5 (16,00) apresentaram resultados intermediários, não diferindo dos demais tratamentos. Os dados demonstram que a dose de 1 mL kg⁻¹ favoreceu a manutenção da viabilidade das sementes, reduzindo a ocorrência de sementes mortas durante o teste de germinação.

Tabela 8 – Número de sementes mortas em função das doses de Co, Mo e Ni.

Tratamento	Descrição	Número de sementes mortas
T2	1 mL kg ⁻¹	9,00 a
T3	2 mL kg ⁻¹	11,00 ab
T1	Testemunha	14,50 ab
T5	6 mL kg ⁻¹	16,00 ab
T4	4 mL kg ⁻¹	16,50 b
CV (%)	—	23,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2026).

O número de sementes mortas constitui um importante indicador da qualidade fisiológica dos lotes, uma vez que está diretamente relacionado à viabilidade e ao potencial germinativo das sementes. De acordo com Carvalho e Nakagawa (1983), sementes de maior qualidade fisiológica apresentam menor incidência de morte durante o processo germinativo, refletindo em maior capacidade de estabelecimento das plântulas. Marcos Filho (2015) destaca que fatores relacionados ao vigor e às condições de tratamento podem influenciar diretamente a sobrevivência das sementes durante a germinação.

Dessa forma, a menor quantidade de sementes mortas observada no tratamento T2 sugere que a dose de 1 mL kg⁻¹ proporcionou condições favoráveis à manutenção da viabilidade das sementes. Em contrapartida, os maiores valores observados nos tratamentos T4 e T5 indicam que doses mais elevadas dos micronutrientes podem ter afetado negativamente o metabolismo germinativo, aumentando a mortalidade das sementes.

Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação de cobalto, molibdênio e níquel influenciou significativamente a germinação, o vigor e o desenvolvimento inicial das plântulas de soja. De modo geral, os tratamentos com menores doses, especialmente T2 (1 mL kg^{-1}), apresentaram melhor desempenho fisiológico, proporcionando maiores valores de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, número de plântulas normais e menor incidência de sementes mortas. Além disso, as variáveis relacionadas ao crescimento das plântulas, como comprimento e espessura de raiz e hipocótilo, também apresentaram respostas positivas às doses moderadas dos micronutrientes, evidenciando sua importância para o desenvolvimento inicial da cultura.

Os resultados observados estão de acordo com Marcos Filho (2015), que destaca a influência da qualidade fisiológica das sementes sobre a germinação, o vigor e o estabelecimento inicial das plântulas. Da mesma forma, Carvalho e Nakagawa (1983) ressaltam que o fornecimento adequado de nutrientes durante a fase inicial de desenvolvimento favorece os processos metabólicos responsáveis pela emissão da radícula, crescimento da parte aérea e formação de plântulas normais. Assim, os maiores valores obtidos nos tratamentos intermediários indicam que a utilização adequada de micronutrientes pode contribuir para a melhoria do desempenho fisiológico das sementes e para a formação de plântulas mais vigorosas.

Verificou-se que as maiores doses avaliadas, especialmente T4 e T5, apresentaram tendência de redução da germinação, do vigor e do desenvolvimento das plântulas, além de aumento da ocorrência de sementes mortas e plântulas anormais. Esses resultados sugerem que concentrações elevadas de cobalto, molibdênio e níquel podem causar efeitos negativos sobre o metabolismo germinativo, comprometendo a expressão do potencial fisiológico das sementes. Dessa forma, os dados obtidos evidenciam que a dose de 1 mL kg^{-1} foi a que proporcionou os melhores resultados para a maioria das variáveis analisadas, demonstrando potencial para favorecer o desempenho inicial da cultura da soja.

De modo geral, os coeficientes de variação (CV) observados nas variáveis avaliadas apresentaram valores entre 7,66% e 19,44%, indicando adequada precisão experimental e boa confiabilidade dos resultados obtidos. Os menores valores de CV foram registrados para primeira contagem de germinação (7,66%), índice de velocidade de germinação (8,33%), germinação (8,84%) e comprimento de

hipocótilo (8,59%), demonstrando baixa variabilidade entre as repetições e elevada uniformidade dos dados.

Já as variáveis relacionadas ao desenvolvimento radicular apresentaram coeficientes de variação moderados, como comprimento de raiz (14,49%) e espessura de raiz (19,44%), comportamento esperado devido à maior influência de fatores biológicos sobre o crescimento das plântulas. Dessa forma, os valores de CV encontrados confirmam a consistência dos resultados experimentais e reforçam a confiabilidade das diferenças observadas entre os tratamentos avaliados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de cobalto, molibdênio e níquel influenciou a qualidade fisiológica das sementes de soja, afetando a germinação, o vigor e o desenvolvimento inicial das plântulas. Entre os tratamentos avaliados, a dose de 1 mL kg⁻¹ de sementes (T2) apresentou os melhores resultados para a maioria das variáveis analisadas, proporcionando maior germinação, maior índice de velocidade de germinação, maior número de plântulas normais e menor incidência de sementes mortas. Em contrapartida, as doses mais elevadas reduziram o desempenho fisiológico das sementes, indicando possíveis efeitos negativos do excesso de micronutrientes. Conclui-se que a dose de 1 mL kg⁻¹ foi a mais eficiente para favorecer a qualidade fisiológica das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas de soja, atendendo ao objetivo proposto neste estudo.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton; GRUBERGER, Gabriel Asa Corrêa; CARDOSO, Paulo Henrique Silveira; GONÇALVES, Paula Wellen Barbosa; NOGUEIRA, Thiago Assis Rodrigues; CAPRA, Gian Franco; JANI, Arun Dilipkumar. Soybean Seed Enrichment with Cobalt and Molybdenum as an Alternative to Conventional Seed Treatment. **Plants**, v. 12, n. 5, art. 1164, 2023. DOI: 10.3390/plants12051164. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/5/1164>. Acesso em: 05 mai. 2026.

ALVES, Mauricio Vicente; VALENTINI, Cleidiane de Souza; VALENTINI, Denian Heitor; MACIEL, Caciara Gonzatto; NAIBO, Gabriela; NESI, Cristiano Nunes. Aminoácidos e micronutrientes no tratamento de sementes de soja. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 9, n. 2, p. 99–104, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/16740> Acesso em: 5 mai 2026.

ALVES, Rafael Mateus; GOMES-JUNIOR, Francisco Guilhien; CARMO-FILHO, Abimael dos Santos; RIBEIRO, Glória de Freitas Rocha; REGO, Carlos Henrique Queiroz; IOST-FILHO, Fernando Henrique; YAMAMOTO, Pedro Takao. Evaluation of the effect of the vigor of soybean seeds treated with micronutrients using X-ray fluorescence spectroscopy and hyperspectral imaging. **Agronomy, Basel**, v. 13, n. 7, art. 1945, 23 Jul. 2023. DOI: 10.3390/agronomy13071945. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/7/1945>. Acesso em: 08 mar. 2026.

BAIROS, Sidnei Teixeira; MARCHIORO, Volmir Sergio; FINATTO, José Luiz Balansin; SCARAVONATTO, Bruna; RISSON, Sílvia Fabiana; OLIVEIRA, Gabriela Campos da Silva de; GOFFI, Natália Letícia; PIOVESAN, Júlio de Cezaro; NORA, Inês Nerlei Dalla. Germinação e vigor de sementes de soja tratadas com fungicidas e inseticidas. **Revista DELOS**, Curitiba, v. 18, n. 70, p. 1–13, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n70-074. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/6253> Acesso em: 31 mar. 2026.

BARBOSA, Benhur Schwartz *et al.* Tratamento Industrial de Sementes de Soja. Gestão dos processos para produção de sementes: **Do campo a pós-colheita**, p. 75, 2023. Disponível em: <https://editorapantanal.com.br/ebooks/2023/gestao-dos-processos-para-producao-de-sementes-do-campo-a-pos-colheita-volume-1-producao-de-sementes/ebook.pdf#page=76>. Acesso em: 30 abril. 2026.

BOLDRIN, Paulo Fernandes; SALLES, Lenise Selaysim; OLIVEIRA, Augusto Matias de; SILVA, Givanildo Zildo; ZUFFO, Alan Mario; NASCIMENTO, Cleyton da Silva. Tratamento de sementes com cobalto e molibdênio na germinação e crescimento inicial da soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente (RAMA)**, v. 17, n. 4, e11891, 2024. DOI: 10.17765/2176-9168.2024v17n4e11891. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/11891/7934>. Acesso em: 30 abril. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8.

Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf
Acesso em: 25 abril. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**. Diário Oficial da União, 18 set. 2013. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em: 6 mai. 2026.

CARVALHO, Nelson Moreira; NAKAGAWA, João. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 1983.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/64735b8c53aa8c8963086f2d>. Acesso em: 6 mai. 2026.

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 — 1º trimestre de 2025**. Relatório técnico, 2025. Disponível em:
[https://www.cepea.org.br/upload/kceditor/files/Relat%C3%B3rio%20-%20Cadeia%20da%20Soja%20e%20biodiesel%20-%201T2025%20-%20v3\(1\).pdf](https://www.cepea.org.br/upload/kceditor/files/Relat%C3%B3rio%20-%20Cadeia%20da%20Soja%20e%20biodiesel%20-%201T2025%20-%20v3(1).pdf)
Acesso em: 6 mai. 2026.

COIMBRA, Rogério de Andrade; TOMAZ, Camila de Aquino; MARTINS, Cibele Chalita; NAKAGAWA, João. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 92–97, 2007. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbs/a/xKdLGszYQZ5cNhmzJSnPpcF/abstract/?lang=pt>
Acesso em: 6 mai. 2026.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília, DF, v. 12 – Safra 2024/25, n. 8 (Oitavo levantamento), maio 2025**. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 6 mai. 2026.

COSTA, Estevam Matheus; NUNES, Bruno de Moraes; VENTURA, Matheus Vinicius Abadia; ARANTES, Bruno Henrique Tondato; MENDES, Gabriel Ribeiro. Efeito fisiológico de inseticidas e fungicida sobre a germinação e vigor de sementes de soja (*Glycine max* L.). **Científic@ – Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 77–84, 2018. DOI: 10.29247/2358-260X.2018v5i2.p77-84. Disponível em:
<https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/cientifica/article/view/2505>. Acesso em: 6 mai. 2026.

DALL’AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 72p. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1043614/Description>. Acesso em: 6 mai. 2026.

DAN, Lilian Gomes de Moraes; DAN, Hugo de Almeida; PICCININ, Gleberson

Guillen; RICCI, Thiago Toshio; ORTIZ, Alex Henrique Tiene. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 45–51, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237123860007.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2026.

DA SILVA, Ariana Cericatto; LIMA, Érica Priscilla Carvalho De; BATISTA, Henrique Rogê. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. In: Anais do V-EEC — (4º Encontro / Anais), 2011. **Anais do evento**, 2011. Disponível em: <https://www.apec.org.br/anais/v-eeec/anais/4-EEC%202011.PDF>. Acesso em: 21 abril. 2026.

DA SILVA, Lucas Antunes da; OLIVEIRA, Glaucete Portela de. Tratamento de sementes com micronutrientes na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira Multidisciplinar – ReBraM**, v. 24, n. 2, 2021. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2021.v24i2.997. Disponível em: <https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/997>. Acesso em: 05 mai. 2026.

DE ASSUNÇÃO, Cleverton Timóteo de; SILVA, Martha Freire da; GENARI, Daiane Almeida; PIRES, Marcio Diego; SANCHES, Nayane Sganderla; SILVA, Tiago Roque Benetoli da. Germinador Mangelsdorf e câmara de germinação tipo B.O.D: há diferenças entre germinadores para o teste de germinação de sementes de soja? **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 20797–20812, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-049. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.56083/RCV3N11-049>. Acesso em: 08 mar. 2026.

DE OLIVEIRA, Gustavo; RESENDE, Guilherme Martins; RODRIGUES, Paulo Eduardo Almeida; MARTINS, Deborah Amorim; RIBEIRO, Diego Oliveira. Influência dos nutrientes níquel, cobalto, molibdênio e fósforo na produtividade da soja = Influence of nickel, cobalt, molybdenum, and phosphorus nutrients on soybean productivity. **Anais do IX Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (Anais)**, Mineiros: UNIFIMES, publicada em 22 set. 2025 (resumo expandido). Disponível em: https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/pt_BR/article/view/5028/ Acesso em: 05 mai. 2026

DOS SANTOS, Luana Pereira dos; BARBACENA, Danilo Ribeiro; GONÇALVES, Rogério Cavalcante; NASCIMENTO, César Augusto Costa; CARVALHO, Fredson Leal de Castro; FRANÇA, Luciano Cardoso; ADORIAN, Gentil Cavaleiro. Aplicação de bioestimulante e complexo de nutrientes no tratamento de sementes de soja. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 6, e020001, 2020. DOI: 10.36725/agries.v6i0.1788. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/1788>. Acesso em: 30 abril. 2026.

FAROOQ, Malik; WAHID; SIDDIQUE, Kadambot H. M. Micronutrient application through seed treatments: a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 12, n. 1, p. 125–142, 2012. DOI: 10.4067/S0718-95162012000100011. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162012000100011. Acesso em: 6 mai. 2026.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

FINA, Brenda; Lupo, Maela; Dri, Nicolas; Lombarte, Mercedes; Rigalli, Alfredo. Comparison of fluoride effects on germination and growth of *Zea mays*, *Glycine max* and *Sorghum vulgare*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 11, p. 3679–3687, 2016.
<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.7551>. Acesso em: 6 mai. 2026.

GOIS, Nattan; SIMONETTI, Ana Paula Moraes Mourão. Germinação de sementes de soja a partir de diferentes substratos germinativos em água mineral e destilada. **Revista Cerrado Agrociências**, v. 12, n. 2, p. 57–64, 2019. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/930>. Acesso em: 2 mai. 2026.

GOULART, Augusto César Pereira. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), 1997. (Documentos, 11). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/240627>. Acesso em: 4 mai. 2026.

GOULART, Augusto César Pereira. **Tratamento de sementes de soja com fungicidas: recomendações técnicas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), 1998. (Circular Técnica, 8). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/241130/1/CT898.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2026.

KAAM, Nicholas Steven. **Avaliação qualitativa de tratamento de sementes de soja: tratamento industrial x tratamento on farm**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=552732>. Acesso em: 3 mai. 2026.

LABOURIAU, Luiz Gonzaga; VALADARES, Maria Elisabeth Barros. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976. Acesso em: 6 mai. 2026.

MACHADO, Carla Gomes; SILVA, Givanildo Zildo da; CRUZ, Simério Carlos Silva; ANJOS, Rafael Cardoso Lourenço dos; SILVA, Caíque Lopes; MATOS, Lucas Ferreira Lima de; SMANIOTTO, Alex Oliveira. Germination and vigor of soybean and corn seeds treated with mixed mineral fertilizers. **Plants, Basel**, v. 12, n. 2, art. 338, 2023. DOI: 10.3390/plants12020338. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/2/338>. Acesso em: 2 mai. 2026.

MACIEL, Leandro Moreira; TUNES, Lilian Vanussa Madruga. de. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 49934–49938, maio 2021. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/30011/23633/76913>. Acesso em: 2 mai. 2026.

MADRUGA, Francine Bonemann; ROSSETTI, Cristina; SARAIVA, Carem Rosane Coutinho; PASA, Mateus da Silveira; ALMEIDA, Andreia da Silva; GADOTTI, Gizele Ingrid; VILLELA, Francisco Amaral. Seed treatment: importance of products and equipment. **Colloquium Agrariae**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 105–115, 23 Mar. 2023. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/4301>. Acesso em: 2 mai. 2026.

MAGUIRE, James D. velocidade de germinação auxilia na seleção e avaliação da emergência e vigor de plântulas. **Ciência da colheita Madison**. v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, Julio. Teste de vigor de sementes: uma visão geral do passado, presente e perspectiva futura. **Scientia agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. <https://www.scielo.br/j/sa/a/TCgVpMYmRWtGn6dQSSsQVbJ/?lang=en>. Acesso em: 2 mai. 2026.

NASCIMENTO, Warley Marcos; DIAS, Denise Cunha Fernandes Santos; SILVA, Patricia P. da. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: **Curso sobre tecnologia de produção de sementes de hortaliças**, 11., 2011, Porto Alegre. Palestras... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. Palestra 17. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/911285/4/palestra17CursoSementesHortaliças11>. Acesso em: 6 mai. 2026.

OLIVEIRA, Bruna Santos. **Do Campo à Ciência: pesquisas e estudos científicos em Agronomia**. Editora Dialética, 2025.

PINTO, Gabriel Felipe; LIMA, Thaísa Capato. Doses cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, p. 93-103, 2025. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1358>. Acesso em: 30 abril. 2026.

PRADO, Jéssica Pavão do; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; MARTINS, Cibele Chalita; VIEIRA, Roberval Daiton. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 407–415, 2019. DOI: 10.1590/2317-1545v41n4214988. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/Dk8LRp5dgXGV9CZ95NVyyPp/?lang=en>. Acesso em: 30 abril. 2026.

ROSSETTI, Cristina; TUNES, Lilian Vanussa Madruga de; AUMONDE, Tiago Zanatta; PEDÔ, Tiago (org.). **Gestão dos processos para produção de sementes: do campo a pós-colheita. Volume 1: produção de sementes**. Nova Xavantina–MT: Pantanal Editora, 2023. DOI: 10.46420/9786585756136. Disponível em: <https://editorapantanal.com.br/ebooks/2023/gestao-dos-processos-para-producao-de-sementes-do-campo-a-pos-colheita-volume-1-producao-de-sementes/ebook.pdf>. Acesso em: 30 abril. 2026.

SILVA, Felipe; BORÉM, Aluísio; SEDIYAMA, Tuneo; CÂMARA, Gil (org.). **Soja: do plantio à colheita**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/degustacao/soja-plantio-colheita_deg.pdf. Acesso em: 05 mai. 2026.

SILVA, Gustavo Vargas; SOARES, Luís Henrique. Cultura de soja: influência da aplicação de cobalto, molibdênio e níquel em condições de casa de vegetação = Soybean culture: influence of the cobalt, molybdenum and nickel application under greenhouse conditions. **Revista Perquirere**, Patos de Minas, v. 20, n. 2, p. 43–51, 2023. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/download/3089/489>. Acesso em: 05 mai. 2026.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=PpO4DQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=TAIZ,+Lincoln%3B+ZEIGER,+Eduardo%3B+MOLLER,+Ian+Max%3B+MURPHY,+Angus.+Fisiologia+e+desenvolvimento+vegetal.+6.+ed.+Porto+Alegre:+Artmed,+2017.&ots=7Slir_JOTf&sig=0JBQTPYWmUioF0YUeR6Lt2t7iSU. Acesso em: 05 mai. 2026.

TREMEA, Marta Gubert. Análise do Tratamento de Sementes de Soja com Macronutrientes e Micronutrientes. **Desafios e avanços para produção de sementes em sistema de cultivo orgânico**, p. 21. 2024. Disponível em: <https://www.editorapantanal.com.br/ebooks/2024/desafios-e-avancos-para-producao-de-sementes-em-sistema-de-cultivo-organico/ebook.pdf#page=22>. Acesso em: 6 mai. 2026.

ULRICH, Adrieli Maria *et al.* Abordagens agronômicas visando a qualidade de sementes. **Abordagens agronômicas visando a qualidade de sementes**, p. 6-18, 2022. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/99066359/ebook.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2026.

VIEIRA, Elvis Lima; CARVALHO, Zuleide Silva. Fisiologia de sementes: Parte I- formação e germinação de sementes. **Boletim Científico Agrônomo do CCAAB/UFRB**, v. 1, p. e2259-e2259, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufrb.edu.br/index.php/bcaufrb/article/view/5886>. Acesso em: 6 mai. 2026.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola, Brasília**, v. 33, e01962, 2024. DOI: 10.35977/2317-224X.rpa2024.v33.01962. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/386569283_A_producao_de_soja_e_sua_importancia_na_economia_brasileira. Acesso em: 05 mai. 2026.

WESZ JUNIOR, Valdemar João. Transformações e características da cadeia produtiva da soja em Mato Grosso (Brasil). **Redes (Santa Cruz do Sul, Online)**, v. 27, 2022. DOI: 10.17058/redes.v27i1.16725. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/16725/10679>. Acesso em: 05 mar. 2026.

ZILLI, Jerri Édson; CAMPO, Rubens José; HUNGRIA, Mariangela. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 335–338, mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/rfHqjhGW7WsTcR64XBmS4KF/>. Acesso em: 9 mar. 2026.