UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

ADRYEL POSSEBOM

DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) OCASIONADOS POR DOSADORES DE PRECISÃO

CERRO LARGO - RS
2025

ADRYEL POSSEBOM

DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) OCASIONADOS POR DOSADORES DE PRECISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dra. Jordana Caroline Nagel

CERRO LARGO – RS

2025

Bibliotecas daniversidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Possebom, Adryel
DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE SOJA (Glycine max (L.) Merrill) OCASIONADOS POR DOSADORES DE PRECISÃO / Adryel Possebom. -- 2025.
44 f.:il.

Orientadora: Professora Jordana Caroline Nagel
Co-orientador: Professor Marcos Antonio Zambillo Palma
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. tcc. I. Nagel, Jordana Caroline, orient. II. Palma, Marcos Antonio Zambillo, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ADRYEL POSSEBOM

DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) OCASIONADOS POR DOSADORES DE PRECISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 04/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
JORDANA CAROLINE NAGEL
Data: 08/12/2025 23:05:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Jordana Caroline Nagel – UFFS
Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARLON ANTONIO FERRAZZA
Data: 09/12/2025 13:35:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Marlon Antonio Ferrazza – URI
Avaliador

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA
Data: 10/12/2025 15:45:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Marcos Antônio Zambillo Palma – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho a minha família, que
nunca mediu esforços para que eu
pudesse concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pelo ambiente acadêmico, científico e humano que possibilitou meu crescimento ao longo desta trajetória.

À minha orientadora, Prof.ª Jordana Caroline Nagel, expresso minha sincera gratidão pela dedicação, paciência e pelos amplos conselhos repassados. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para meu amadurecimento acadêmico.

Ao meu coorientador, Prof. Marcos Antônio Zambillo Palma, agradeço pelas valiosas contribuições, pela clareza nas orientações e pela disponibilidade contínua, que enriqueceram significativamente esta pesquisa.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, deixo meu reconhecimento pelo conhecimento transmitido, pela inspiração e pelo incentivo ao longo dos anos.

Ao meu pai, Cezar Davi Possebom, agradeço pelo apoio de sempre, pela força e pela confiança que sempre depositou em mim. Seu incentivo foi essencial para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha mãe, Adriana Alice dos Santos Possebom, deixo meu agradecimento eterno. Mesmo tendo partido durante minha trajetória acadêmica, seu sonho de me ver formado se tornou uma das maiores motivações desta caminhada. Cada conquista alcançada carrega seu amor, seus ensinamentos e sua memória. Este trabalho também é para ela.

Ao meu irmão, Adriano Davi Possebom, deixo um agradecimento especial. Ele foi meu porto seguro em todas as etapas, oferecendo apoio emocional, compreensão e força nos momentos mais difíceis. Sua presença constante, suas palavras de incentivo e sua confiança no meu potencial foram determinantes para que eu concluísse esta etapa tão importante. Este trabalho também carrega muito daquilo que ele ajudou a sustentar em mim.

Aos amigos, sou imensamente grato pela parceria, conversas e convivência dentro e fora da sala de aula, que de alguma maneira ajudaram a tornar minha caminhada mais leve e significativa.

Agradeço ainda ao Rafael Wojciechowski, pela disponibilidade e pela gentileza em ceder a semeadora utilizada na condução do experimento, contribuindo de forma direta para a ocorrência desta pesquisa.

Ao Marcelo Dalmaso, deixo meu reconhecimento pela colaboração, e por ter me cedido as sementes de soja que possibilitaram a execução do estudo. Sua contribuição foi essencial para o andamento do experimento.

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada gesto de apoio teve um impacto significativo na construção desta conquista.

“Nunca deixe de sonhar. Só quem sonha pode alcançar o que parece inalcançável.”

(*L. Frank Baum, O mágico de Oz)*

RESUMO

A eficiência da semeadura mecanizada exerce influência direta sobre a integridade das sementes de soja, especialmente quando estas passam por dosadores de disco alveolado, cujo funcionamento pode gerar diferentes níveis de compressão e atrito. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência dos discos com aberturas de 5 mm, 8 mm e 9 mm na ocorrência de danos mecânicos e no desempenho fisiológico de sementes de soja da cultivar ZEUS 55I57RSF IPRO. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, e a qualidade das sementes foi analisada pelos testes de germinação em rolo de papel, condutividade elétrica e hipoclorito de sódio. Os resultados evidenciaram que o disco de 5 mm foi o mais prejudicial, registrando os maiores valores de lixiviação de eletrólitos (57,96 µS/cm/g), redução expressiva na germinação (82,5%) e maior incidência de danos detectados pelo teste de hipoclorito. Em contraste, o disco de 9 mm apresentou desempenho fisiológico semelhante ao da testemunha, indicando menor agressividade durante o processo de dosagem. De modo geral, os resultados demonstram que o diâmetro do disco influencia diretamente a magnitude das injúrias mecânicas e o vigor das sementes, ressaltando a importância da escolha adequada dos componentes da semeadora para preservar o potencial fisiológico e favorecer o estabelecimento inicial da cultura.

Palavras-chave: qualidade fisiológica; dano mecânico; dosagem de sementes; glycine max; vigor.

ABSTRACT

The efficiency of mechanical sowing can directly affect soybean seed integrity, particularly when seeds pass through alveolated mechanical meters that impose varying levels of compression and friction. In this context, this study aimed to evaluate the mechanical damage caused by seed plates with alveoli of 5 mm, 8 mm, and 9 mm on soybean seeds of the cultivar ZEUS 55I57RSF IPRO. The experiment was conducted in a completely randomized design, and seed quality was assessed through germination in rolled paper, electrical conductivity, and sodium hypochlorite tests. The results indicated that the 5 mm plate caused the greatest level of injury, reflected in higher electrolyte leakage (57.96 µS/cm/g), reduced germination (82.5%), and a higher proportion of damaged seeds in the hypochlorite test. Conversely, the 9 mm plate produced physiological performance similar to the control treatment, showing lower mechanical impact during dosing. These findings demonstrate that plate diameter directly influences injury intensity and seed vigor, highlighting the importance of selecting appropriate dosing components to preserve physiological quality and ensure proper crop establishment.

Keywords: physiological quality; mechanical damage; seed metering; glycine max; vigor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Semeadora Phanter SM 9000 - Vence Tudo, utilizada na condução do experimento 25
Figura 2. Discos dosadores utilizados no experimento 26
Figura 3. Dosador mecânico 26
Figura 4. Acionamento do rodado da semeadora 27
Figura 5. Balança analítica digital 29
Figura 6. Sementes embebidas com água deionizada, dentro da BOD à 25°C. 29
Figura 7. Leitura da CE de uma amostra de sementes. 30
Figura 8. Sementes depositas sobre o papel germitest, para o teste de germinação. 31
Figura 9. Sementes de soja germinadas 32
Figura 10. Sementes embebidas na solução de hipoclorito de sódio. 33
Figura 11. Avaliação das sementes, após retiradas da solução 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do teste de germinação em rolo de papel, e os respectivos valores de germinação expressos em percentual. 35
Tabela 2 - Valores de massa das sementes, condutividade elétrica medida e condutividade elétrica normalizada (µS/cm/g) de sementes de soja submetidas aos diferentes discos dosadores. 37
Tabela 3 - Proporção de Sementes Intactas e Danificadas, obtidas através do teste de hipoclorito de sódio..... 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **13**
2 OBJETIVOS **15**
2.1 OBJETIVO GERAL 15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **16**
3.1 CULTURA DA SOJA 16
3.1.1 Influência da qualidade fisiológica das sementes na implantação inicial da soja **17**
3.2 SEMEADORA MECÂNICA 18
3.2.1 Dosadores mecânicos de disco alveolados **19**
3.2.2 Avaliação dos danos mecânicos causado pelos dosadores nas sementes **20**
3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS DANOS MECÂNICOS 21
3.3.1 Teste do hipoclorito de sódio **21**
3.3.2 Teste de germinação em rolo de papel **22**
3.3.3 Teste de condutividade elétrica **23**
4 MATERIAL E MÉTODOS **24**
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO 24
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES 24
4.3 PROCEDIMENTO DE PASSAGEM PELO DOSADOR 25
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 28
4.5 TESTES REALIZADOS 28
4.5.1 Condutividade elétrica **28**
4.5.2 Germinação em rolo de papel **30**
4.5.3 Hipoclorito **32**
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES **35**
5.1 GERMINAÇÃO EM ROLO DE PAPEL 35
5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) 36
5.3 TESTE DE HIPOCLORITO 38
6. CONCLUSÃO **40**

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertencente à família Fabaceae, consolidou-se como o principal componente dos sistemas agrícolas brasileiros, ocupando papel estratégico na geração de renda, na diversificação produtiva e na sustentabilidade econômica do setor. Na safra 2024/25, o país alcançou produção estimada de 147,7 milhões de toneladas em 46,1 milhões de hectares, mantendo-se como maior produtor mundial (Conab, 2025). A elevada participação da soja no cenário nacional exige processos de implantação cada vez mais precisos, nos quais a semeadura desempenha função determinante para a formação de estandes uniformes e para o desempenho fisiológico inicial das plantas.

A eficiência da semeadura depende diretamente da qualidade operacional do sistema dosador, responsável pela seleção individual das sementes e pela sua deposição no sulco. Operações mal reguladas podem alterar a distribuição longitudinal e aumentar a ocorrência de danos físicos, comprometendo o vigor e a capacidade de emergência do lote (Santos *et al*., 2020). Apesar de tradicionalmente se enfatizarem fatores como densidade de semeadura, qualidade física das sementes e potencial germinativo, estudos recentes indicam que o mecanismo dosador também exerce influência significativa sobre a integridade das sementes, sobretudo em espécies mais suscetíveis ao esmagamento, como a soja (Martins *et al*., 2019).

Sementes de soja possuem tegumento relativamente frágil e eixo embrionário volumoso, características que aumentam a probabilidade de injúrias durante a passagem por discos alveolados, especialmente quando ocorrem compressões laterais ou impactos repetidos. Essas lesões podem se manifestar como trincas, esmagamentos e microfissuras internas, frequentemente imperceptíveis visualmente, mas capazes de reduzir vigor, acelerar a lixiviação de eletrólitos e aumentar a incidência de anormalidades (Gomes *et al*., 2020). O dano mecânico pode, inclusive, comprometer a reorganização das membranas celulares, etapa essencial durante a embebição inicial das sementes (Ferreira *et al*., 2017).

A produtividade está diretamente associada à qualidade operacional do processo de semeadura, essa operação deve ser conduzida com excelência aos níveis de qualidade, precisão e exatidão. Para garantir uma distribuição homogênea de plantas na lavoura, contribuindo para o sucesso da implantação da cultura nesta área de cultivo (Schimidt *et al.* 1999). Muitas vezes são recomendados no momento

da semeadura alguns cuidados como, densidade de semeadura planejada, a pureza e o potencial germinativo destas sementes, e a consideração do percentual de sobrevivência das mesmas a campo (Balastreire 1987, Schmidt *et al*., 1999).

São poucos os casos em que se tenha sido concedido, devida atenção ao mecanismo dosador de sementes como um potencial causador de danos, mesmo tendo como sabedoria que quando as sementes cruzam por este mecanismo, as mesmas sofrem pressões deixando-as suscetíveis a possíveis danos mecânicos que tem potencial para modificar seu potencial germinativo e vigor. Este dano mecânico é capaz de ocasionar a morte da semente (se o impacto for muito forte), causando alguma quebra ou rachadura na casca da semente, e como consequência permitindo uma facilidade no acesso de microrganismo ao seu interior (Carvalho e Nakagawa 1983, Silveira, 1989).

Diante desse cenário, a avaliação dos danos mecânicos durante a semeadura é uma etapa crítica para garantir a eficiência operacional e preservar a qualidade fisiológica das sementes. Segundo Rezende *et al.* (2021), o entendimento funcional sobre o comportamento dos dosadores e a sua interação com os diferentes tipos e lotes de sementes, nos possibilitam realizar ajustes mais precisos nas semeadoras, auxiliando na preservação da qualidade fisiológica das sementes e, em decorrência disso, no sucesso final da lavoura.

Embora existam estudos descrevendo os efeitos gerais de danos mecânicos na qualidade fisiológica da soja, ainda é limitada a quantidade de pesquisas que investigam especificamente como diferentes diâmetros de alvéolos dos dosadores influenciam a magnitude desses danos. De acordo com Cunha *et al.* (2018), pequenas variações dimensionais nos elementos dosadores são suficientes para aumentar a ocorrência de danos físicos, refletindo diretamente na qualidade fisiológica do lote e na uniformidade do estande.

Essa ausência de estudos comparativos é relevante, pois danos mecânicos mínimos podem comprometer a reorganização das membranas, a integridade do eixo embrionário e o estabelecimento inicial da cultura. Pesquisas mostram que microfissuras decorrentes de compressões excessivas tendem a elevar a lixiviação de eletrólitos e reduzir o vigor, mesmo quando o tegumento aparenta estar intacto (Gomes *et al.*, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de discos dosadores com diâmetros de 5 mm, 8 mm e 9 mm sobre a ocorrência de danos mecânicos e o desempenho fisiológico de sementes de soja.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar os danos visíveis e não visíveis ocasionados pela passagem das sementes pelos discos dosadores.

Avaliar o desempenho fisiológico das sementes por meio dos testes de germinação, condutividade elétrica e hipoclorito de sódio.

Identificar a relação entre a intensidade das injúrias mecânicas e os resultados dos testes fisiológicos.

Relacionar o tipo de disco dosador às alterações observadas no vigor e na integridade das sementes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertencente à família Fabaceae é uma espécie anual de hábito de crescimento variável e ampla plasticidade fenotípica, o que permite elevada adaptação às diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. Sua morfologia é caracterizada por cotilédones volumosos, tegumento relativamente frágil e hilo proeminente, características diretamente relacionadas a suscetibilidade da semente a danos mecânicos durante operações de colheita, transporte e semeadura (França-Neto *et al*., 2016).

O Brasil ocupa posição de destaque mundial na produção da oleaginosa, com área superior a 45 milhões de hectares e produtividade média acima de 3.500 kg ha^{-1} na safra 2023/2024 (Conab, 2024). Além de seu papel na produção de grãos para exportação, a soja integra sistemas produtivos diversificados, contribuindo para a rotação de culturas, o controle de plantas daninhas e o aporte de nitrogênio por meio da fixação biológica (MAPA, 2024). Esse conjunto de fatores reforça a necessidade de utilização de sementes com alta qualidade fisiológica, uma vez que falhas no estande comprometem a produtividade e a estabilidade do sistema agrícola (Schuch *et al.,* 2009).

A sensibilidade da soja a danos mecânicos é amplamente reconhecida e deriva de características anatômicas como tegumento pouco espesso e cotilédones frágeis. Tais injúrias reduzem o vigor e a capacidade de estabelecimento da cultura, afetando diretamente o estande final e, consequentemente, o rendimento da lavoura (Costa e Marcos Filho, 2003). Nesse contexto, compreender o comportamento da semente frente a operações mecânicas, como a dosagem na semeadura, é fundamental para minimizar perdas e maximizar a eficiência agronômica.

Schuch *et al*. (2009) ressaltam que sementes de menor vigor tendem a originar plântulas com atraso no desenvolvimento, resultando em estandes irregulares e perda de competitividade em relação às plantas sadias. Como consequência podemos dizer, que os danos mecânicos representam um dos principais fatores de redução da qualidade fisiológica das sementes de soja e constituem uma preocupação central nas etapas de colheita, beneficiamento e semeadura.

3.1.1 Influência da qualidade fisiológica das sementes na implantação inicial da soja

A qualidade fisiológica de sementes envolve atributos como germinação, vigor, integridade estrutural e capacidade de originar plântulas normais sob diferentes condições. Em soja, tais propriedades são essenciais devido à elevada sensibilidade da espécie a injúrias físicas e estresses ambientais (Peske *et al.*, 2012).

As sementes de soja são classificadas como ortodoxas e toleram desidratação profunda. Porém, apresentam grande vulnerabilidade a danos que afetam o eixo embrionário, região responsável pelo início da germinação. O impacto mecânico pode causar microfissuras internas, ruptura de membranas celulares e injúrias no hilo, interferindo na embebição, no metabolismo inicial e na emergência da plântula (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Danos mecânicos reduzem a integridade das membranas e elevam o extravasamento de solutos durante a hidratação, resultando em menor vigor, atraso na emergência e maior mortalidade de plântulas. Evidências experimentais mostram que o desempenho fisiológico está fortemente associado à presença de fissuras internas, mesmo quando estas não são visíveis externamente (Rezende *et al*., 2021; Barbosa *et al*., 2021). Assim, a avaliação do vigor por testes sensíveis é indispensável para detectar danos ocultos e prever o comportamento das sementes em campo.

O nível de qualidade do material semeado durante a implantação inicial de uma lavoura de soja pode ser um aspecto decisivo, quando se fala em produtividade final desta área. Sementes de alto vigor asseguram um estabelecimento de plântulas uniforme, vigorosas e com maior persistência a quaisquer estresses bióticos e abióticos que as mesmas estão sujeitas a sofrer no decorrer dos estágios iniciais de seu desenvolvimento (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Entre os atributos das sementes, o vigor e a germinação são os componentes mais essenciais quando se fala em qualidade fisiologia das mesmas. De forma simultânea a germinação manifesta o potencial que a semente tem em originar plântulas normais sob condições ideais, o vigor representa a competência dessa mesma semente em manter o seu nível de desempenho mesmo quando submetida em condições adversas na lavoura. Sementes que apresentam um nível baixo de vigor, podem acabar envolvendo diretamente a densidade populacionais da lavoura,

o que pode demandar uma nova semeadura, e consequentemente, elevar os custos de implantação (Vieira *et al*., 2018).

Os danos mecânicos provocados por fatores externos podem prejudicar a integridade do tegumento, ocasionar uma redução na eficiência de absorção de água, e em condições mais rigorosas, originar uma morte embrionária desta semente. Tais circunstâncias afetam diretamente a qualidade fisiológica das sementes da soja, que apresentam um tegumento frágil e uma menor resistência a danos mecânicos. De acordo com Schuch *et al.* (2009), plântulas originadas de sementes com alta qualidade fisiológica apresentam maior rendimento de grãos e melhor desenvolvimento vegetativo quando comparadas com sementes de baixa qualidade, ou que sofreram algum tipo de dano mecânico no momento da semeadura.

3.2 SEMEADORA MECÂNICA

A semeadura mecânica desempenha papel central no estabelecimento adequado da cultura da soja, pois a uniformidade de distribuição das sementes depende diretamente da precisão do dosador. Esse componente seleciona e conduz individualmente cada semente até o sulco, determinando o espaçamento efetivo e o estande final da lavoura. A literatura agrícola brasileira destaca que a maior parte dos problemas de implantação da soja está associada a falhas ou duplas na deposição, fenômenos diretamente relacionados ao desempenho do disco alveolado (Silveira *et al.,* 2023).

A eficiência do sistema dosador é influenciada por fatores como o formato das cavidades, a rotação do disco, a velocidade de deslocamento e o ajuste entre o tamanho dos alvéolos e o calibre das sementes. Quando ocorre incompatibilidade geométrica entre o alvéolo e a semente, aumenta-se a probabilidade de retenção excessiva, desprendimento tardio ou múltipla captura, afetando significativamente a qualidade da semeadura (Gonçalves *et al.,* 2011). Estudos mostram que, mesmo com sementes de alto vigor, a inadequação no dimensionamento dos alvéolos pode resultar em redução expressiva de uniformidade espacial, impactando o rendimento (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

A eficácia de uma semeadura realizada com o uso de equipamentos mecânicos depende de muitos fatores que devem ser levados em conta com atenção antes e durante a operação na lavoura, como a manutenção preventiva da máquina semeadora, a calibração adequada dos dosadores de semente, a velocidade ideal de deslocamento, e a pressão exercida sobre os sulcadores e compactadores durante a operação. A execução de uma operação inadequada, sem os devidos cuidados pode acabar gerando alguns problemas durante a semeadura, como a apresentação de falhas na deposição das sementes, sementes duplas, ou danos físicos à semente, que interferem diretamente no estande e, como um problema maior à produtividade dessa cultura (Santos *et al*., 2018).

Considerando o avanço contínuo da agricultura de precisão, muitas semeadoras adotaram sistemas eletrônicos de monitoramento, oferecendo uma capacidade ao sistema de realizar ajustes automáticos em tempo real durante a operação, e um controle mais amplo sobre a distribuição das sementes e fertilizantes. Essas tecnologias quando integradas no sistema de semeadura mecânica, podem contribuir e apresentar vantagens ao sistema, transformando o mesmo em um sistema mais eficiente, sustentável e fortemente relacionado com a gestão do sistema produtivo (Rodrigues e Cardoso, 2022).

3.2.1 Dosadores mecânicos de disco alveolados

Os dosadores de disco alveolado, amplamente utilizados na semeadura de culturas como a soja e o milho, trabalham por meio de cavidades responsáveis pela coleta individual das sementes (Silva *et al*., 2020). O diâmetro dos alvéolos é um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência de danos mecânicos em semeadoras mecânicas, uma vez que alvéolos menores tendem a gerar maior compressão da semente, especialmente quando há variação no tamanho dos grãos dentro do lote.

Esse efeito pode ocasionar fissuras internas, esmagamento parcial e danos no tegumento, prejudicando diretamente a integridade fisiológica das sementes. Pesquisas brasileiras indicam que a ruptura do tegumento é um dos danos mais frequentes gerados pelo processo de semeadura, reduzindo o vigor e aumentando a lixiviação de eletrólitos durante a embebição (Martins *et al*., 2020).

Da mesma forma, o esmagamento do hilo e as microfissuras internas muitas vezes invisíveis a olho nu são amplamente relatados em estudos que avaliam a relação entre mecanismos dosadores e qualidade física das sementes (Souza *et al*., 2017). Esses danos se manifestam de forma mais intensa quando a semente sofre pressões localizadas durante o giro do disco ou quando ocorre trancamento parcial no alvéolo.

No entanto uma escolha incorreta do disco pode gerar complicações no processo de semeadura, como esmagamento parcial das sementes e também proporcionar uma queda das mesmas com mais velocidade dentro do tubo condutor, interferindo diretamente no estado fisiológico destas sementes (Borges *et al*., 2019).

3.2.2 Avaliação dos danos mecânicos ocasionados pelos dosadores nas sementes

O estudo dos danos mecânicos nas sementes de soja objetiva, sobretudo, diagnosticar os efeitos ocasionados pelos mecanismos de dosagem mecânica durante a semeadura. Mesmo que as sementes aparentem estar intactas, pode haver presença de danos internos com capacidade de comprometer o desempenho fisiológico desta semente, e como prejuízo maior o estande final dessa lavora (Rezende *et al*., 2021).

Segundo Carvalho *et al*. (2018), a avaliação desses danos pode ser conduzida através de análises visuais, testes fisiológicos e bioquímicos, permitindo identificar o grau de lesão e o seu impacto causado sobre o vigor desta semente. No presente estudo, essa avaliação foi realizada por meio do teste de condutividade elétrica, do teste de germinação e do teste de hipoclorito de sódio. A condutividade elétrica se destaca por ser um método altamente sensível para detectar danos mecânicos, pois quantifica a quantidade de eletrólitos liberados na solução durante a embebição, refletindo diretamente o estado das membranas celulares (Couto *et al*., 2021).

De acordo com Costa *et al.* (2020), sementes danificadas absorvem o hipoclorito de forma mais intensa, resultando em clareamento acelerado, destacando a ruptura do tegumento e a exposição dos tecidos internos. Esse comportamento diferencia lotes com integridade estrutural comprometida, permitindo que o teste seja usado como indicador direto de dano mecânico. Em estudo conduzido com diferentes

níveis de impacto, Santos e Sbrussi (2019) demonstraram que o hipoclorito detecta eficientemente microfissuras que posteriormente resultam em redução de vigor, reforçando sua importância para controle de qualidade.

O teste de germinação complementa essa avaliação ao medir a capacidade das sementes em originar plântulas normais em condições ideais, permitindo identificar a integridade comprometida afetou processos fisiológicos essenciais, como alongamento radicular, desenvolvimento do eixo embrionário e expansão do hipocótilo (França Neto *et al*., 2016).

3.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS DANOS MECÂNICOS

3.3.1 Teste do hipoclorito de sódio

O teste com hipoclorito de sódio (NaOCl) é amplamente empregado na detecção de danos mecânicos em sementes, sendo reconhecido como um método rápido e eficaz para identificar fissuras no tegumento ocasionadas durante etapas como colheita, beneficiamento ou semeadura. Conforme descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999), o teste fundamenta-se na ação oxidante do hipoclorito, que penetra nas áreas danificadas do tegumento, ocasionando o clareamento visível das sementes.

De acordo com a Embrapa (2020), na Circular Técnica nº 192, o procedimento envolve a imersão de 100 sementes em uma solução de hipoclorito de sódio a 5% durante aproximadamente 10 minutos, sob leve agitação. Ao final do período, as sementes que exibirem coloração esbranquiçada ou presença de manchas claras são identificadas como danificadas, enquanto aquelas que preservam sua tonalidade original são consideradas sem danos.

O teste demonstra elevada sensibilidade na detecção de danos superficiais e pequenas fissuras, apresentando-se como uma importante ferramenta para o controle de qualidade de sementes de soja. Segundo Costa *et al.* (2018), há uma relação significativa entre o percentual de sementes afetadas identificado pelo teste de hipoclorito e a redução do vigor e da germinação. Esse efeito é atribuído à presença de microfissuras no tegumento, que favorecem a maior absorção de água e oxigênio,

acelerando o processo de deterioração e aumentando a vulnerabilidade das sementes à ação de microrganismos (França-Neto; Henning, 2017).

Por apresentar rapidez, baixo custo e simplicidade de execução, o teste com hipoclorito de sódio tem sido amplamente adotado em laboratórios de análise de sementes e em unidades de beneficiamento. Sua aplicação permite identificar, de forma precoce, lotes com possível comprometimento da qualidade das sementes (Embrapa, 2020).

3.3.2 Teste de germinação em rolo de papel

O teste de germinação é considerado um dos métodos mais tradicionais utilizados para avaliar o potencial de uma semente em gerar uma plântula normal quando submetida a condições ideais de temperatura, umidade e luz. De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), esse teste constitui o procedimento oficial para determinar a viabilidade fisiológica de um lote de sementes.

O teste no formato de rolo de papel (Rolled Paper – RP) é amplamente empregado para sementes de soja e outras leguminosas. Nesse procedimento, as sementes são dispostas sobre duas folhas de papel germitest previamente umedecidas, cobertas por uma terceira folha e posteriormente enroladas, formando um cilindro mantido na posição vertical dentro de um germinador ou câmara de germinação. A temperatura recomendada situa-se entre 25 °C e 30 °C, com avaliação realizada entre 5 e 8 dias após a instalação do teste (Marcos Filho, 2015).

O substrato utilizado no teste de germinação deve manter um nível adequado de umidade durante todo o período de avaliação, de modo a assegurar o desenvolvimento completo do processo germinativo. A falta de água impede a continuidade das reações bioquímicas, físicas e fisiológicas responsáveis pela reativação do crescimento do embrião. Por outro lado, o excesso de umidade pode reduzir a aeração do substrato e comprometer a germinação das sementes (Rossetto *et al.,* 1997)

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), o teste de germinação possibilita avaliar diretamente os efeitos dos danos mecânicos sobre o desenvolvimento das plântulas. Sementes com o tegumento danificado tendem a apresentar absorção

irregular de água, o que pode ocasionar anormalidades, como deformações no sistema radicular ou na parte aérea. Em estudos conduzidos por Carvalho *et al.* (2019), observou-se que lotes com maior incidência de sementes danificadas apresentaram queda expressiva na germinação e aumento no número de plântulas anormais.

3.3.3 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica é amplamente empregado para avaliar a integridade das membranas celulares das sementes de soja, servindo como um importante indicador do seu vigor fisiológico. O princípio do método está relacionado à liberação de íons e solutos no meio líquido durante o processo de embebição: sementes com membranas comprometidas tendem a perder mais eletrólitos, o que aumenta a condutividade da solução. Dessa forma, valores mais elevados de condutividade refletem menor vigor e qualidade fisiológica das sementes (Vieira; Krzyzanowski; França-Neto, 2002). O teste é especialmente eficaz para soja devido à alta proporção de lipídios e proteínas, que se degradam facilmente quando a integridade celular é comprometida (Barbosa *et al.,* 2021; Brasil, 2009).

Os impactos sofridos pelo tegumento ou pelo eixo embrionário provocam microfissuras nas membranas, que se tornam mais permeáveis, permitindo o extravasamento de solutos durante a embebição (Marcos Filho, 2015). Dessa forma, o teste de CE se mostra um indicador sensível de deterioração celular e de vigor reduzido.

Estudos nacionais têm reforçado a importância do teste em situações de dano mecânico. Martins *et al.* (2015) observaram aumentos expressivos na condutividade elétrica em sementes de soja submetidas a tensões mecânicas moderadas, mesmo quando não havia danos visíveis no tegumento. De maneira semelhante, Vieira e Cicero (2004) relataram que a condutividade elétrica é um dos primeiros parâmetros a se alterar quando a semente sofre danos mecânicos ou compressão excessiva.

Assim, o teste de condutividade elétrica torna-se uma ferramenta indispensável para diagnosticar danos relacionados aos dosadores mecânicos de sementes

especialmente discos alveolados que podem gerar microfissuras imperceptíveis a olho nu, mas facilmente detectáveis pelo aumento da condutividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.

O experimento foi conduzido em duas etapas. A fase de campo ocorreu no município de Sete de Setembro – RS. Posteriormente, as análises laboratoriais destinadas à avaliação dos danos mecânicos foram realizadas no Laboratório de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, em Cerro Largo – RS, localizado nas coordenadas 28º08’24’’ S e 54º43’47’’ W.

As atividades tiveram início no mês de agosto de 2025 e se encerraram em novembro de 2025.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES.

A pesquisa foi conduzida utilizando sementes de soja (*Glycine max L.*) do portifólio da BRASMAX (ZEUS 55I57RSF IPRO), da safra de 2024/25, classificadas sob uma peneira de 5mm, e previamente avaliadas quanto à pureza física e à viabilidade fisiológica. Os laudos emitidos pela empresa responsável pela venda destas sementes indicaram valores de vigor e germinação superiores a 85%, seguindo os parâmetros do RAS, e garantindo a confiabilidade do material biológico minimizando possíveis interferências decorrentes de fatores genéticos ou de qualidade inicial das sementes.

A cultivar escolhida apresenta um grupo de maturação 5.5, habito de crescimento indeterminado, índice de ramificação médio, peso de mil sementes (PMS) em torno de 209g (compatível com o padrão médio para cultivares de ciclo similar), e uma janela de semeadura recomendada entre 20 de outubro à 20 de novembro na região das Missões – RS, apresentando um ciclo de aproximadamente 126 dias.

4.3 PROCEDIMENTO DE PASSAGEM PELO MECANISMO DOSADOR.

A passagem das sementes pelo mecanismo de dosagem foi realizada no galpão sem deslocamento real da máquina, sob condições controladas, com o uso de uma Semeadora-Adubadora de Precisão (Phanter SM 9000, da Vence Tudo), equipada com 9 linhas para semeadura, com dosadores mecânicos de disco alveolado.

Figura 1. Semeadora Phanter SM 9000 - Vence Tudo, utilizada na condução do experimento.



Fonte: autor (2025)

Foram utilizados três modelos de discos, com diâmetros de alvéolos de 5 mm, 8 mm e 9 mm, de modo a comparar os efeitos das diferentes dimensões na ocorrência dos danos mecânicos. As sementes passaram uma única vez pelo sistema de dosagem, que foi acionado manualmente em ambiente controlado (galpão), simulando as condições reais de operação da máquina durante a semeadura.

Figura 2. Discos dosadores utilizados no experimento.



Fonte: autor (2025)

Figura 3. Dosador mecânico



Fonte: autor (2025)

A estimativa da velocidade média de deslocamento da semeadora, em ambiente controlado de galpão, foi obtida por meio do cálculo da velocidade linear da roda motriz do mecanismo dosador. Esse procedimento permitiu elaborar, de forma prática e segura, a condição de trabalho da máquina em campo.

O princípio adotado tem como base a relação entre o percurso realizado pela roda e o tempo gasto para que ela complete um certo número de giros. Dessa forma,

cada rotação equivale à distância correspondente à circunferência da roda, calculada por meio da seguinte fórmula: C= π x D, onde C = circunferência da roda (m); π = constante 3,1416; e D = diâmetro da roda (m). A partir da circunferência, a velocidade linear (v) pode ser determinada pela relação entre a distância total percorrida e o tempo cronometrado, com a seguinte fórmula (v= N x C / t), em que: v = velocidade linear da roda (m/s); N = numero de voltas completas; C = circunferência da roda (m); e t = tempo gasto (s), e por fim para convertermos a unidade de metros por segundo (m/s) em quilômetros por hora (km/h), aplica-se p fator de multiplicação 3,6.

Primeiramente, mediu-se o diâmetro efetivo da roda com auxílio de uma trena métrica, posicionada do ponto inferior ao superior do pneu e obteve-se a medida de 0,75m. Com base nesse valor, calculou-se a circunferência pela equação C = π x 0,75, resultando em uma circunferência de 2,3562 metros. Durante a passagem das sementes pelo dosador constou-se o número de voltas completas (N) e o tempo(s) correspondente ao movimento, que foi registrado com auxílio de um cronometro digital, obtendo então o número total de voltas para a coleta das sementes (20 voltas), em um tempo de (33 segundos).

A roda foi acionada manualmente, mantendo-se suspensa do solo para evitar deslizamento e atrito. Após essa etapa, calculou-se a velocidade final, v = (20 x 2,3562) / 33 = 1,428 m/s x 3,6 = 5,14 km/h, resultando em uma velocidade média de 5,14 km/h. Esses resultados convergem com recomendações técnicas da Embrapa, que orienta manter a velocidade da semeadora em torno de 5 km/h para a soja, especialmente quando se utilizam dosadores mecânicos (Embrapa, 2020).

Figura 4. Acionamento do rodado da semeadora.



Fonte: autor (2025)

Concluído o processo de passagem pelo sistema de dosagem, as sementes foram coletadas diretamente na extremidade do tubo condutor, sobre uma superfície lisa (lona plástica), evitando assim o contato com o solo ou qualquer impacto secundário que pudesse comprometer os resultados.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.

O experimento foi estruturado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos: T0 – Testemunha (sem passagem pelo dosador), T1 – Disco de 5mm, T2 – Disco de 8mm e T3 – Disco de 9mm. Para cada tratamento, as sementes passaram uma única vez pelo mecanismo dosador, gerando um lote único por tratamento. Em seguida, cada lote foi dividido em quatro subamostras, utilizadas como repetições operacionais nos testes de germinação, condutividade elétrica e hipoclorito. Assim, embora o delineamento seja apresentado na forma de DIC, reconhece-se que as repetições correspondem a subamostras da mesma unidade experimental, caracterizando pseudo-repetições.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SASM-Agri, aplicando-se ANOVA e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5 TESTES REALIZADOS

4.5.1 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado com o objetivo de avaliar o vigor fisiológico das sementes por meio da quantificação dos eletrólitos liberados durante a embebição. Para cada tratamento, foram utilizadas quatro repetições, compostas por 50 sementes cada, previamente contadas e selecionadas de modo a evitar a presença de impurezas ou danos visíveis.

As sementes foram inicialmente pesadas em balança analítica digital (0,01 g de precisão), permitindo o registro da massa de cada repetição, fundamental para o cálculo posterior da condutividade elétrica normalizada. Após a pesagem, as 50

sementes de cada repetição foram transferidas para copos plásticos rígidos de 200 ml, devidamente identificados.

Figura 5. Balança analítica digital.



Fonte: autor (2025)

Em cada copo, foram adicionados 75 ml de água deionizada seguindo as normas da Circular Técnica 199 da Embrapa, volume comumente empregado em testes de lixiviação devido à sua capacidade de promover hidratação uniforme e permitir leitura adequada de condutividade. Após isso, os copos foram colocados em uma câmara tipo BOD, mantida a 25 °C.

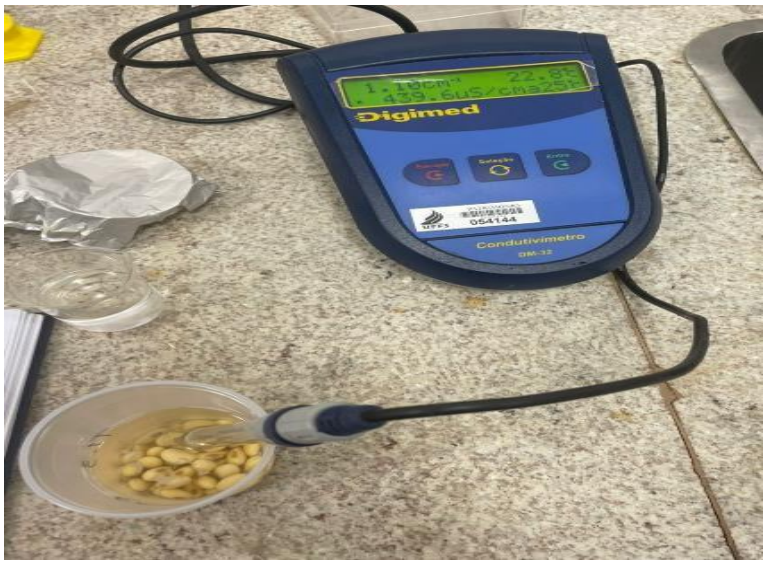
Figura 6. Sementes embebidas com água deionizada, dentro da BOD à 25°C.



Fonte: autor (2025)

As sementes permaneceram em embebição contínua por 24 horas, conforme a metodologia da regra de análise de sementes. Ao fim do período, a condutividade elétrica da solução de cada copo foi mensurada utilizando um condutivímetro digital portátil, previamente calibrado com solução padrão de 1413 µS/cm, seguindo orientações do fabricante.

Figura 7. Leitura da CE de uma amostra de sementes.



Fonte: autor (2025)

Os valores de condutividade obtidos (µS/cm) foram posteriormente convertidos para a forma normalizada por grama de semente (µS/cm/g), utilizando a expressão:

CEn = CE/m, em que:

CEn = condutividade elétrica normalizada (µS/cm/g)

CE = condutividade elétrica medida no condutivimetro (µS/cm)

m = massa das 50 sementes utilizadas em cada repetição (g)

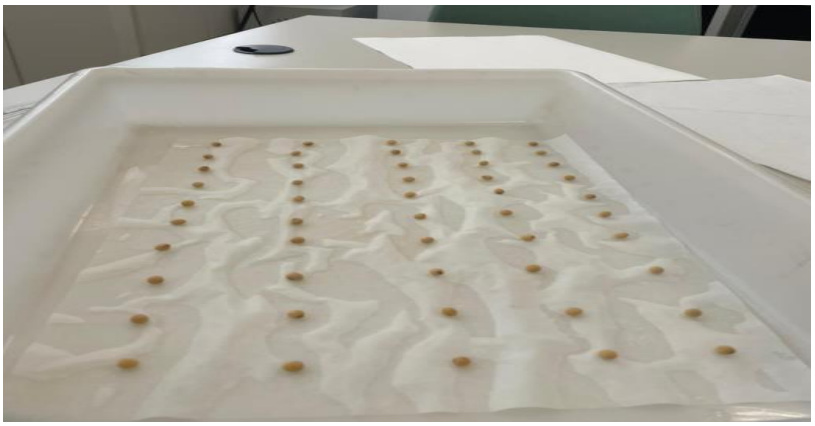
4.5.2 Germinação

O teste de germinação foi conduzido seguindo o método de rolo de papel, amplamente reconhecido para avaliação do desempenho fisiológico de sementes de

soja. Como substrato, utilizou-se papel germitest. Antes da distribuição das sementes, o papel foi umedecido com água destilada até atingir aproximadamente 2,5 vezes sua massa seca, obtendo-se uma umidade adequada para o desenvolvimento inicial das plântulas.

A analise envolveu 200 sementes por tratamento, organizadas em quatro repetições, cada uma contendo 50 sementes distribuídas de forma equidistante sobre a superfície do papel para evitar competição por espaço e reduzir interferências entre as estruturas em desenvolvimento. Após a deposição, as folhas foram enroladas cuidadosamente, formando rolos firmes, porém sem compressão excessiva, evitando danos mecânicos ao eixo embrionário.

Figura 8. Sementes depositas sobre o papel germitest, para o teste de germinação.

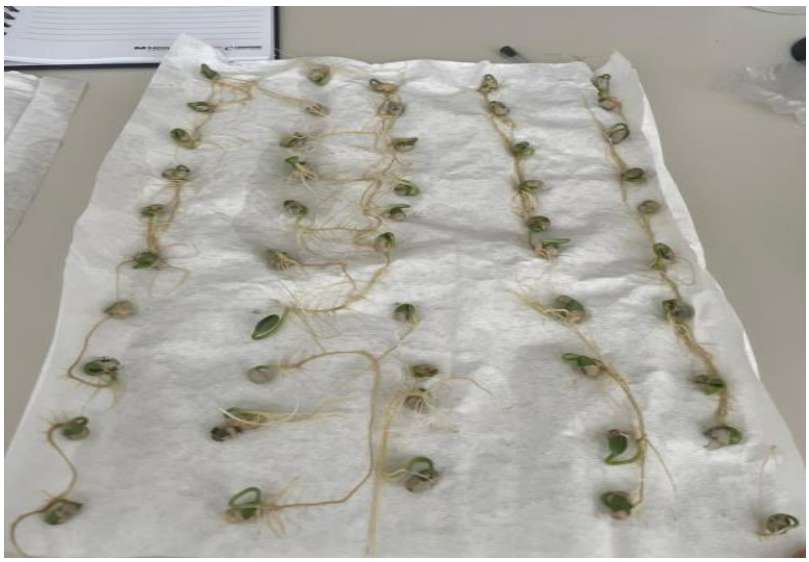


Fonte: autor (2025)

Os rolos foram colocados em posição vertical dentro de sacos plásticos e posteriormente transferidos para uma câmara de germinação tipo BOD, mantidas a 25 °C, temperatura indicada pelo RAS para condução de testes de germinação em soja. Após esse procedimento, os rolos permaneceram na câmara pelo período total de oito dias.

A primeira contagem da germinação das sementes foi realizada no quinto dia após a semeadura, com o objetivo de identificar plântulas normais vigorosas, conforme recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (RAS), e a segunda contagem ocorreu no oitavo dia, quando foram avaliadas todas as plântulas formadas. Esse procedimento assegurou a padronização da avaliação e permitiu determinar o percentual final de germinação para cada tratamento.

Figura 9. Sementes de soja germinadas.



Fonte: autor (2025)

4.5.3 Hipoclorito

O teste de hipoclorito foi empregado com a finalidade de identificar danos mecânicos não visíveis externamente, especialmente fissuras internas e microfissuras no tegumento, que podem comprometer o desempenho fisiológico das sementes. Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições, cada uma composta por 50 sementes, totalizando 200 sementes avaliadas por tratamento.

As sementes foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio a 5%, concentração amplamente utilizada em protocolos de detecção rápida de danos estruturais. A imersão foi realizada em copos plásticos identificados, contendo volume suficiente para submergir completamente as sementes. O período de exposição à solução foi de 10 minutos, tempo considerado adequado para evidenciar alterações no tegumento sem causar degradação excessiva que pudesse interferir na interpretação dos resultados.

Figura 10. Sementes embebidas na solução de hipoclorito de sódio.



Fonte: autor (2025)

Ao final do tempo de imersão, as sementes foram cuidadosamente lavadas com água corrente para remover o excesso de hipoclorito e evitar reações químicas contínuas. Em seguida, as sementes foram depositadas sobre papel toalha para secagem superficial e imediatamente avaliadas visualmente sob iluminação adequada.

Figura 11. Avaliação das sementes, após retiradas da solução.



Fonte: autor (2025)

A classificação dos danos seguiu os critérios estabelecidos pela Circular Técnica 192 da Embrapa, baseada na reação visual das sementes à solução de hipoclorito de sódio. A metodologia considera que sementes com pouca ou nenhuma alteração de coloração representam ausência de indícios relevantes de injúria superficial. Por outro lado, sementes que apresentam maior intensidade de branqueamento, rompimento evidente do tegumento ou coloração totalmente branca após a imersão são interpretadas como possivelmente afetadas pelo processo mecânico, uma vez que a penetração do hipoclorito ocorre com maior facilidade em regiões onde o tegumento apresenta microfissuras ou descontinuidades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 GERMINAÇÃO

O teste de germinação em rolo de papel foi realizado para avaliar o potencial fisiológico das sementes após sua passagem pelos diferentes discos dosadores. Esse método, recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), permite identificar a capacidade de formação de plântulas normais em condições controladas.

Tabela 1 - Resultados do teste de germinação em rolo de papel, e os respectivos valores de germinação expressos em percentual.

Tratamento	Germinação (%)
Testemunha	97 a*
T3	94 ab
T2	90 b
T1	82,5 c
CV	2,68

*Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V: coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

T0 – Testemunha, T1 – Disco (5mm), T2 – Disco (8mm), T3 – Disco (9mm)

Os resultados do teste de germinação evidenciaram diferenças significativas no desempenho fisiológico das sementes entre os tratamentos avaliados. A testemunha apresentou a maior porcentagem de plântulas normais, com média 48,5% de plântulas normais e germinação final de 97%, indicando boa integridade estrutural e alto vigor inicial.

Entre os tratamentos submetidos a passagem pelos dosadores mecânicos, observou-se que T3, correspondente ao disco de 9mm, apresentou desempenho relativamente próximo ao da testemunha, com 47 plântulas normais e 94% de germinação.

A menor redução observada nesse tratamento sugere que a escolha deste tipo de disco (9mm), tem maior probabilidade de minimizar compressões excessivas e o

atrito direto sobre as sementes, reduzindo danos mecânicos significativos. O desempenho superior do disco de 9 mm confirma a tendência apresentada por Mion et al. (2019), que destacam que aberturas maiores na semeadora reduzem os danos mecânicos e preservam a qualidade fisiológica.

O tratamento T2, que utilizou o disco de 8mm, representou uma condição intermediaria, apresentando maior limitação física quando comparado ao T3, mas ainda inferior ao nível de compressão observado em T1. Esse tratamento apresentou 45 plântulas normais e 90% de germinação, indicando que o impacto mecânico ainda que moderado, foi suficiente para comprometer parcialmente a integridade das sementes, mesmo sem rupturas visíveis ao tegumento.

O efeito mais critico foi observado no T1 (disco de 5mm), que apresentou 41,25 plântulas normais e 82,5% de germinação, caracterizando uma perda significativa de desempenho fisiológico. Notou-se que o menor diâmetro de disco promoveu maior compressão, atrito e impacto durante a passagem da semente, o que potencializou danos externos (ruptura do tegumento). Assim como descrito por Barbosa *et al.* (2021), pequenas lesões superficiais no tegumento podem resultar em germinação mais baixa, mesmo quando a viabilidade geral do lote permanece elevada, o que explica o comportamento do tratamento T1 neste estudo.

Apesar das diferenças estatísticas, todos os tratamentos se mantiveram dentro de faixas altas de germinação para soja, conforme descrito por França-Neto *et al.* (2018). Isso demonstra que as variações observadas representam reduções relativas de vigor, e não comprometimento fisiológico severo das sementes.

5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A condutividade elétrica é um indicador amplamente utilizado para avaliar a integridade das membranas celulares das sementes, sendo que valores mais elevados refletem maior desorganização estrutural e, consequentemente, menor vigor fisiológico conforme já descrito por França Neto e Henning (1984).

Tabela 2 - Valores de massa das sementes, condutividade elétrica medida e condutividade elétrica normalizada (µS/cm/g) de sementes de soja submetidas aos diferentes discos dosadores.

Tratamento	Massa das Sementes (g)	Condutividade medida (µS/cm)	CE Normalizada (µS/cm/g)
T0	9,4475	367,95	38,93882 a
T3	10,36	456,925	44,08726 b
T2	9,9675	462,7	46,44124 c
T1	9,6875	561,5	57,96292 d
CV			1,84%

*Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo autor (2025)

T0 – Testemunha, T1 – Disco (5mm), T2 – Disco (8mm), T3 – Disco (9mm)

O comportamento observado no tratamento T1 indica que o disco de 5 mm promoveu maior dano mecânico durante o processo de dosagem, elevando a liberação de solutos. Por outro lado, os discos de 9 mm (T3) e 8 mm (T2) apresentaram valores intermediários, reforçando que a menor compressão proporcionada por estes discos resultou em menor dano fisiológico as sementes.

Ainda assim, os valores de CE mantiveram relação direta com os resultados obtidos nos testes de germinação e hipoclorito, em que o tratamento T1, que apresentou a maior condutividade elétrica, também apresentou a menor porcentagem de plântulas normais e a maior incidência de sementes reagentes no hipoclorito, evidenciando que a integridade das membranas e do tegumento foi mais comprometida nesse grupo. Rezende *et al*. (2021), ressalta que valores mais altos de CE estão diretamente associados à maior permeabilidade celular, o que explica a diferença observada entre os discos de 5 mm e 9 mm.

De forma oposta, a testemunha e o tratamento T3 apresentaram os melhores desempenhos em todos os testes, mostrando que, mesmo havendo impacto detectável, o disco de 9 mm foi o que mais preservou a qualidade fisiológica.

Como já dito antes os danos detectados entre os tratamentos, permaneceram dentro do intervalo classificado como “vigor alto a muito alto”, o que garante que o lote não apresenta danos severos, conforme limites relatados por Vieira e Carvalho (1994).

5.3 TESTE DE HIPOCLORITO

O teste de hipoclorito de sódio foi conduzido para detectar alterações visíveis no tegumento das sementes, uma vez que regiões com microfissuras ou abrasão superficial apresentam maior sensibilidade ao agente oxidante (Costa *et al.,* 2003).

A tabela apresenta a proporção de sementes intactas e danificadas identificadas pelo teste de hipoclorito de sódio, onde foi possível visualizar o grau de dano mecânico provocado pelos diferentes discos dosadores (Tabela 4).

Tabela 3 - Proporção de Sementes Intactas e Danificadas, obtidas através do teste de hipoclorito de sódio.

Tratamento	Sementes Avaliadas	Intactas	Danificadas	% Intactas
T0 - Testemunha	200	190	10	95 a
T3 – 9 mm	200	187	13	93,5 a
T2 – 8 mm	200	181	19	90,5 ab
T1 – 5 mm	200	173	27	86,5 b
C.V				2,55%

*Letras distintas indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V: coeficiente de variação

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

T0 – Testemunha, T1 – Disco (5mm), T2 – Disco (8mm), T3 – Disco (9mm)

O tratamento T0 (testemunha) apresentou o maior percentual de sementes intactas (95%), diferindo estaticamente apenas do tratamento T1, esse resultado confirma que a ausência de passagem das sementes pelo mecanismo dosador preservou sua integridade física, servindo como referência de qualidade.

O tratamento T3 (disco de 9mm) apresentou 93,5% de sementes intactas, estaticamente igual ao T0. Esse comportamento indica que, o disco não promoveu dano expressivamente superior ao da testemunha, mantendo nível de dano relativamente baixo.

No tratamento T2 (disco de 8mm), observou-se 90,5% de sementes intactas, situando-se no grupo intermediário segundo o teste de Tukey. Isso demonstra que o disco de 8mm gerou um grau moderado de injuria, maior do que T0 e T3, mas ainda não suficientemente intenso para diferir estaticamente do grupo superior.

Por fim, o tratamento T1 (disco de 5mm) apresentou o menor percentual de sementes intactas (86,5%), diferindo estaticamente de T0 e T3. Mostrando que, o disco de 5mm causou maior dano mecânico as sementes neste experimento. A maior incidência de sementes reagentes no tratamento T1 confirma o que Rezende *et al.* (2021) destacaram sobre a sensibilidade do hipoclorito a microfissuras superficiais causadas por compressão.

O padrão de resultados obtido neste teste segue o descrito por Borges *et al.* (2019), onde os mesmos relatam que mecanismos de maior restrição aumentam o desgaste do tegumento.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o diâmetro dos alvéolos dos discos dosadores exerce influência direta na integridade física e no desempenho fisiológico das sementes de soja. A análise conjunta dos testes de germinação, condutividade elétrica e hipoclorito de sódio evidenciou um padrão consistente de aumento do dano mecânico conforme se reduziu o tamanho do alvéolo. O disco de 5 mm apresentou os maiores índices de injúrias, refletidos em menor germinação, maior lixiviação de eletrólitos e maior proporção de sementes danificadas. Por outro lado, o disco de 9 mm apresentou comportamento mais próximo ao da testemunha, indicando menor agressividade durante o processo de dosagem.

A partir da análise integrada dos dados, conclui-se que o a escolha incorreta do diâmetro dos alvéolos dos discos dosadores pode interferir diretamente no nível de dano mecânico causado às sementes de soja. Por outro lado, o uso de um alvéolo mais compatível com o tamanho das sementes diminuiu as injúrias e demonstraram uma maior preservação da integridade fisiológica das mesmas.

REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação.** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 1987. 313 p.

BARBOSA, T. L.; RAMOS, A. F.; DIAS, R. A. **Avaliação da emergência de plântulas de soja em função de danos físicos nas sementes**. Revista Ciência Agrícola, v. 40, n. 2, p. 101-108, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CARVALHO, E. R. et al. **Qualidade fisiológica de sementes submetidas a danos mecânicos em semeadura mecanizada.** Revista Brasileira de Sementes, v. 40, n. 2, p. 153-160, 2018.

COSTA, Nilton Pereira da et al. **Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil**. Revista Brasileira de Sementes, v. 25, p. 128-132, 2003.

COUTO, R. F. et al. **Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 6, p. 3915-3928, 2021.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. **A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade.** Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p

FERREIRA, T. A.; SOUZA, L. P. **Testes fisiológicos aplicados à detecção de danos em sementes de soja.** Revista Sementes em Foco, v. 11, n. 1, p. 34-41, 2019.

GONÇALVES, T. C.; ORLANDI, M. B.; BAUDET, L.; VILLELA, F. **Danos mecânicos em sementes de soja no processo de beneficiamento.** Anais do *[evento/congresso em que o trabalho foi publicado]*, UFPel, 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARTINS, C. C. et al. **Danos mecânicos e sua relação com a integridade de membranas avaliada pelo teste de condutividade elétrica em sementes de soja.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 38, n. 3, p. 379-386, 2015.

MENDES, F. C.; CARVALHO, E. L. **Expansão da soja no Cerrado: desafios e oportunidades.** Cadernos de Geografia Agrária, v. 12, p. 88-102, 2019.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio.** Campinas: Millennium, 2012. p. 179.

MION, R. L. et al. **Desempenho de semeadoras-adubadoras no plantio da soja em diferentes condições de palhada.** Engenharia Agrícola, v. 39, n. 1, p. 100-109, 2019.

OLIVEIRA, S. B. et al**. Cadeia produtiva da soja no Brasil: aspectos econômicos e logísticos. Economia & Desenvolvimento.** v. 24, p. 112-130, 2020.

PEREIRA, J. M. et al. **Tecnologias de precisão na semeadura: impacto na redução de danos mecânicos.** Tecnologia & Ciência Agropecuária, v. 16, n. 3, p. 11-17, 2022.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos.** 3. ed. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 2012.

REZENDE, E. R. et al. **Métodos para avaliação de danos mecânicos em sementes de soja: uma abordagem prática.** Revista de Ciências Agrárias, v. 44, n. 3, p. 35-42, 2021.

RATAJCZAK, K. et al. **Determinação quantitativa do nitrogênio fixado pela soja via fixação biológica de nitrogênio.** *Sustainability*, v. 16, n. 23, p. 10153, 2024.

RODRIGUES, C. F.; CARDOSO, A. N. **Tecnologia de aplicação e agricultura de precisão na semeadura mecanizada.** Revista Agropecuária Técnica, v. 43, p. 1-10, 2022.

ROSSETTO, C. A. V.; NOVEMBRE, A. D. da L. C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NAKAGAWA, J. **Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação.** *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 106-115, 1997.

SAMPAIO, L. R.; NEVES, F. B. **Tecnologia de monitoramento em tempo real aplicada à dosagem de sementes.** Tecnologia Agrícola em Foco, v. 7, n. 1, p. 14-20, 2022.

SANTOS, H. M. et al. **Distribuição de sementes de soja em função da velocidade de deslocamento da semeadora.** Ciência Rural, v. 48, p. e20170629, 2018.

SCHUCH, L. O. B. et al. **Desempenho fisiológico e produtividade em função do vigor das sementes.** *Revista Brasileira de Sementes*, 2009.

SCHMIDT, A. V. et al. **Semeadora adubadora para plantio direto.** Porto Alegre: EMATER, 1999. 56 p.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita.** Viçosa: UFV, 2013.

SILVA, A. R. et al. **Impacto dos dosadores mecânicos na qualidade fisiológica de sementes de soja.** Revista Engenharia na Agricultura, v. 28, n. 1, p. 33-40, 2020.

SILVA, A. R. et al. **Importância da semeadura mecanizada na agricultura moderna**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 2, p. 135-141, 2020.

SILVA, R. A.; LIMA, M. T.; SANTOS, J. R. **Panorama atual da produção de soja no Brasil.** Revista Brasileira de Agronegócio, v. 15, n. 2, p. 45-53, 2020.

SILVEIRA BORGES, D. R.; MOTA, D. H. da. **Influência de velocidades diferentes na semeadura da soja.** Anais do COMEIA, v. 14, 2023.

VIEIRA, M. G. G.; CICERO, S. M. **Condutividade elétrica e danos mecânicos em sementes**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 5, p. 433-438, 2004.