

AVALIAÇÃO DE DANO MECÂNICO NA COLHEITA DE SOJA EM DIFERENTES REGULAGENS NO SISTEMA DE TRILHA

Lucas Kolling ¹
Marcelo Marcato Gonçalves ¹
Rafael Theodorus Nyssen ¹
Luiz Atílio Padovan ²
Lara Marie Guanais Santos ²

RESUMO

A eficiência da colheita mecanizada da soja está diretamente relacionada à preservação da qualidade física dos grãos. Este estudo teve como objetivo quantificar os danos mecânicos, visíveis e não visíveis, em sementes de soja submetidas a diferentes configurações operacionais da colhedora. O experimento foi conduzido na safra 2024/2025, em Cândido Mota/SP, empregando uma colhedora automotriz modelo John Deere S440. Foram testadas seis combinações de regulagem, variando a abertura do côncavo (8, 10 e 12 mm) e a rotação do rotor (550 a 650 rpm), mantendo a velocidade de deslocamento da máquina constante. Os danos visuais foram avaliados por inspeção direta e os danos invisíveis mediante tratamento com solução de hipoclorito. Os dados foram submetidos à análise estatística, revelando diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento 4 (T4) com a combinação de côncavo em 12 mm e rotor à 650 rpm apresentou o melhor desempenho, com menores índices de dano em ambas as categorias, enquanto T2 na combinação côncavo em 8 mm e rotor à 650 rpm registrou os piores resultados com um dano invisível de 15,5%. Conclui-se que a regulagem adequada utilizada em uma colhedora, é fator determinante para a redução de perdas e manutenção da qualidade dos grãos, sendo essencial no contexto de uma produção agrícola tecnificada e de alta eficiência, recomenda-se a coleta de amostras de perdas quantitativas e qualitativas, para uma possível análise da relação em ambos os aspectos de perda atreladas a combinações de abertura do côncavo e rotação de rotor.

Palavras-chave: Mecanização agrícola, Danos invisíveis, Danos visíveis, Qualidade de sementes, *Glycine max*.

¹ ¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP.

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP,
lara.santos8@fatec.sp.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) ocupa posição de destaque no cenário agrícola mundial, não apenas por sua importância econômica, e por sua versatilidade como fonte de proteína e óleo vegetal. Composta por cerca de 38% de proteína e 19% de óleo, é amplamente utilizada na alimentação humana e animal, além de servir como matéria-prima para biocombustíveis e produtos industriais (Revista F&T, 2021). No Brasil, a soja foi consolidada como uma das principais commodities, impulsionada por avanços tecnológicos no manejo, na genética das cultivares e na mecanização agrícola (Embrapa, 2020).

Com a crescente adoção da colheita mecanizada, torna-se essencial compreender os efeitos que esse processo exerce sobre a integridade dos grãos (Holtz et al., 2024).

Durante a colheita da soja, é comum a ocorrência de perdas que podem ser classificadas em dois tipos principais: os danos visíveis, facilmente identificáveis, como grãos partidos, trincados ou esmagados, e os danos invisíveis, que consistem em microfissuras internas que não são perceptíveis a olho nu, mas afetam diretamente a qualidade fisiológica dos grãos, especialmente em processos posteriores como o beneficiamento e a armazenagem (Toledo et al., 2013).

Esses danos, muitas vezes silenciosos, impactam negativamente o rendimento industrial e o valor de mercado da produção (Gottems, 2025). A configuração dos componentes da colhedora, como a abertura do côncavo e a rotação do rotor, exerce influência direta sobre o nível desses danos. Quando esses parâmetros não estão ajustados de forma adequada às condições da lavoura, podem intensificar o atrito e a pressão exercidos sobre os grãos, contribuindo para maiores perdas, tanto quantitativas quanto qualitativas (Souza et al., 2019).

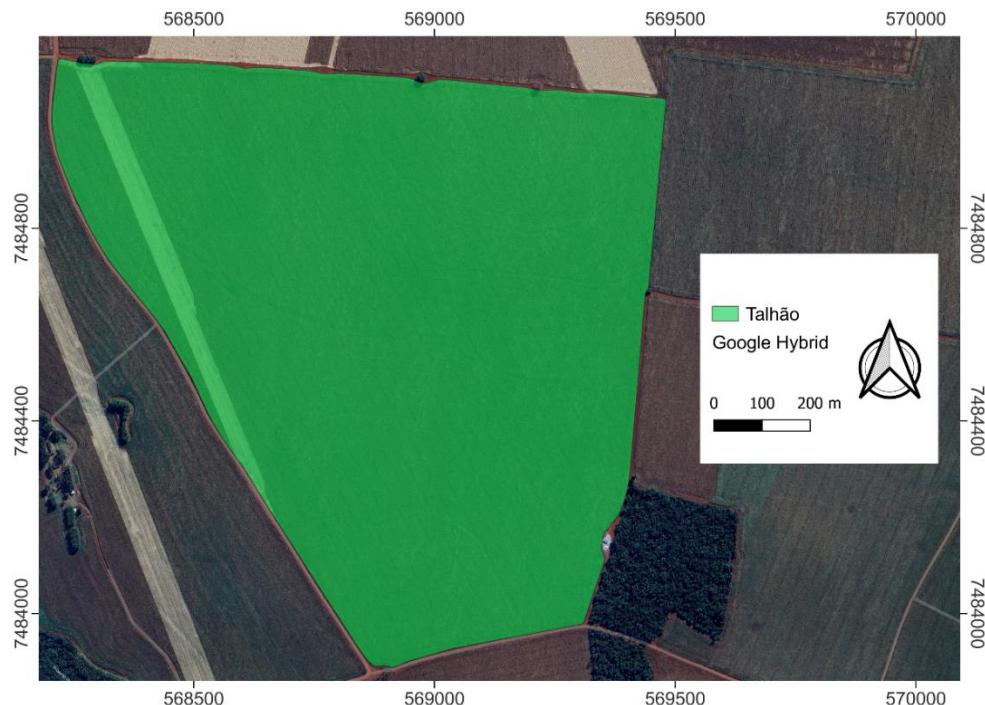
Dessa forma, quantificar os impactos que ajustes operacionais causam na integridade dos grãos é essencial para promover colheitas mais eficientes e com menor índice de perdas (Soares et al., 2020).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto de combinações de rotação de rotor e abertura de côncavo em danos mecânicos visíveis e invisíveis causados na soja durante a colheita mecanizada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra 2024/2025, na cidade de Cândido Mota/SP (Latitude: 7°24'5.17"S; Longitude: 44° 9'53.69"O), Figura 1, no talhão identificado como Dona Maria, localizado na Fazenda Pirapitinga. Este talhão possui aproximadamente uma área de 110 ha, com produtividade média de 2520 kg ha⁻¹.

Figura 1 – Área do experimento.



Fonte: elaborada pelos autores, 2025.

A semeadura foi realizada no dia 26 de outubro de 2024, por uma semeadora direta da marca John Deere, modelo 1113 com 13 linhas espaçadas à 0,45 m, regulada para deposição de 15 sementes por metro linear.

A semente utilizada foi da marca Neogen, cultivar NEO 590iX, com ciclo de 126 dias. Os tratos culturais para o desenvolvimento da cultura foram feitos de acordo com a necessidade da cultura, ficando sobre a responsabilidade do Agrônomo.

A colheita foi realizada dia 23/02/2025, por uma colhedora da marca John Deere, modelo S440, fabricada em 2022, com 238cv de potência no motor (Figura 2).

Figura 2 – Colhedora utilizada no experimento.



Fonte: Autores, Cândido Mota/SP, 2025.

A coleta das amostras analisadas foi realizada em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para cada tratamento, foram realizadas as regulagens necessárias, aguardando-se a estabilização da velocidade de operação que foi realizado a 4 km h^{-1} . Após essa estabilização, foi colhida uma parcela de 500 metros e, em seguida, retiradas do graneleiro 6 amostras para cada tratamento.

Tabela 1 – Regulagem de côncavo e rotor dos tratamentos.

Tratamentos	Côncavo	Rotor
T1	10 mm	550 rpm
T2	8 mm	650 rpm
T3	8 mm	550 rpm
T4	12 mm	650 rpm
T5	10 mm	650 rpm
T6	12 mm	550 rpm

Onde - Todos foram realizadas na mesma velocidade de trabalho de 4 km h^{-1} .

Figura 3 – Nesta imagem em destaque estão a combinação de abertura de côncavo e rotação do rotor.



Para determinar o teor de água das sementes, foi utilizado um equipamento portátil específico da marca Agrologic, modelo AL – 102 ECO para essa finalidade (Figuras 4 e 5). Em cada repetição do experimento, foram feitas duas medições consecutivas. A média dos valores obtidos foi calculada e os resultados foram expressos em percentual de teor de água e apresentados na Tabela 2.

Figura 4 - Medidor de teor de água portátil. **Figura 5 -** Realização do teste de teor de água.



Tabela 2 – Valores médios de teor de água dos grãos de soja para cada tratamento.

Tratamentos	Teor de água
T1	13.46%
T2	14.38%
T3	14.41%
T4	14.51%
T5	14.56%
T6	13.43%

Onde - T1 corresponde a combinação de Côncavo 10 e rotor 550 rpm, T2 - Côncavo 8 e rotor 650 rpm, T3 - Concavo 8 e rotor 550 rpm, T4 - Côncavo 12 e rotor 650 rpm, T5 - Côncavo 10 e rotor 650 rpm, T6 - Côncavo 12 e rotor 550 rpm. Todos foram feitos na mesma velocidade 4 km h^{-1} .

A verificação de danos não perceptíveis a olho nu (invisíveis) foi conduzida com base em duas amostras contendo 100 sementes cada, por repetição, totalizando 12 amostras por tratamento. Após a contagem, as sementes foram submersas em uma solução preparada com hipoclorito de sódio diluído em água na proporção de 25 ml por litro. As amostras permaneceram imersas por 10 minutos.

Finalizado o tempo de exposição, a solução foi escoada com auxílio de uma peneira. Em seguida, foram separadas as sementes que apresentavam alterações na camada externa, o que possibilitou a quantificação da porcentagem de danos internos.

Para a identificação de danos mecânicos em sementes de soja, utilizou-se uma solução diluída de hipoclorito de sódio, conforme protocolo amplamente reconhecido para avaliação rápida de rupturas de tegumento. Foram selecionadas amostras com 100 sementes aparentemente intactas, que foram colocadas em recipientes e totalmente submersas em solução de hipoclorito preparada na concentração de 5,25%. O tempo de imersão foi de 10 minutos, conforme descrito por Krzyzanowski et al. (2004), e, após esse período, as sementes foram retiradas da solução e distribuídas sobre papel absorvente para análise.

Aquelas que apresentaram embebição da solução foram consideradas danificadas, sendo contabilizadas individualmente. O percentual de dano foi calculado com base na proporção de sementes embebidas em relação ao total da amostra. Valores superiores a 10% indicaram a necessidade de ajustes nos componentes da colhedora ou transporte, como forma de mitigar a incidência de danos mecânicos

conforme descrito por Krzyzanowski et al. O teste foi realizado com pelo menos duas repetições por amostra para garantir maior confiabilidade dos resultados (Krzyzanowski et al., 2004), processo este apresentado nas figuras 6, 7 e 8.

Figura 6 - Contagem das amostras.



Figura 7 - Sementes submersas em solução.



Figura 8 - Escoamento da solução.



Para a avaliação dos danos visíveis, foram coletadas amostras de 50 gramas de grãos de soja, que foram submetidas à separação por peneiras com malhas de 4,5 mm e 4,0 mm (Figura 10). Após a peneiração, os grãos quebrados foram isolados e pesados para quantificação dos danos (Figura 9). Esse procedimento foi repetido duas vezes para cada repetição dos tratamentos, visando garantir maior precisão nos resultados.

Figura 9 – Pesagem das amostras.



Figura 10 - Peneira.

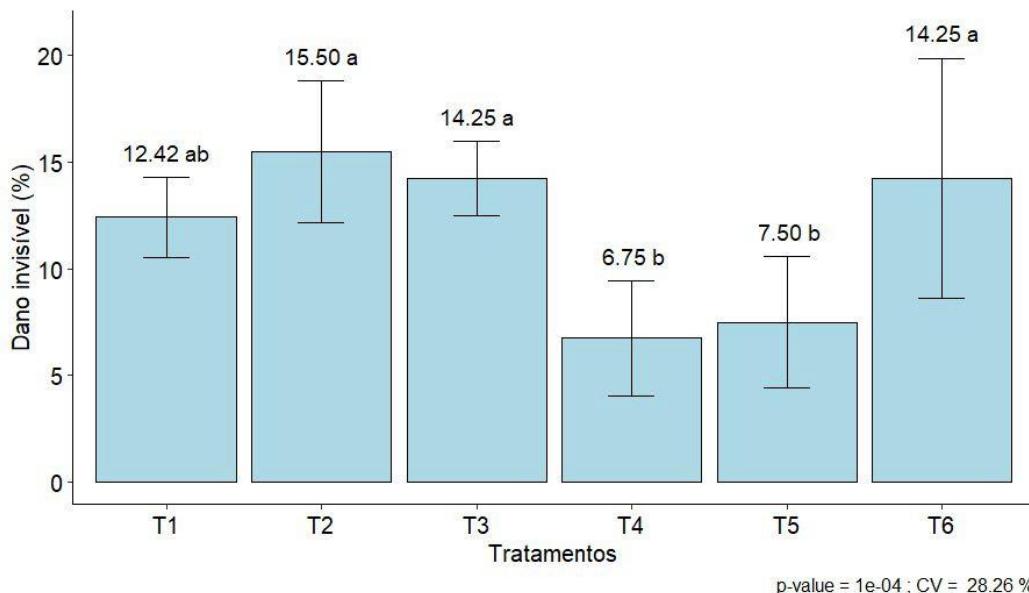


Todos os dados foram anotados e transpostos em uma planilha Excel. Com estes dados foi realizado o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, executado no software RStudio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

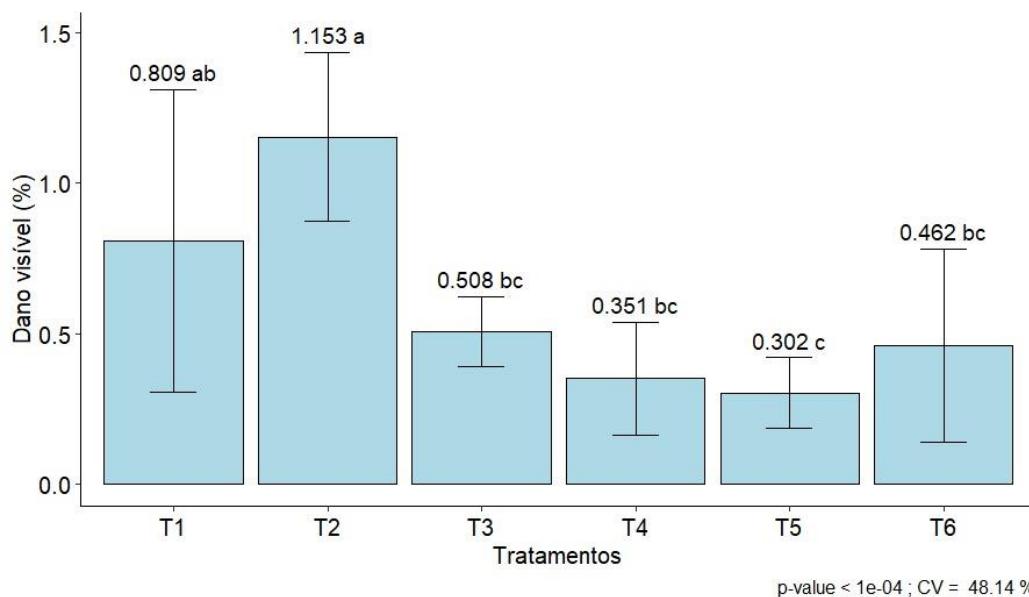
Nas figuras 11 e 12 estão apresentados os resultados obtidos, onde a figura 11 corresponde aos danos invisíveis e a figura 12 ao dano visível em cada uma das combinações testadas dos tratamentos.

Figura 11 - Dados referentes às avaliações de dano invisível, em diferentes regulagens no sistema de trilha da colhedora.



Onde - T1 corresponde a combinação de Côncavo 10 e rotor 550 rpm, T2 - Côncavo 8 e rotor 650 rpm, T3 - Concavo 8 e rotor 550 rpm, T4 - Côncavo 12 e rotor 650 rpm, T5 - Côncavo 10 e rotor 650 rpm, T6 - Côncavo 12 e rotor 550 rpm. Todos foram feitos na mesma velocidade 4 km h⁻¹. Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Figura 12 - Dados referentes às avaliações de dano visível, em diferentes regulagens no sistema de trilha da colhedora.



Onde - T1 corresponde a combinação de Côncavo 10 e rotor 550 rpm, T2 - Côncavo 8 e rotor 650 rpm, T3 - Concavo 8 e rotor 550 rpm, T4 - Côncavo 12 e rotor 650 rpm, T5 - Côncavo 10 e rotor 650 rpm, T6 - Côncavo 12 e rotor 550 rpm. Todos foram feitos na mesma velocidade 4 km h⁻¹. Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A avaliação conjunta dos efeitos de diferentes tratamentos sobre os danos invisível e visível revelou variações estatisticamente significativas ($p < 0,0001$), evidenciando respostas diferenciadas quanto à eficácia de controle. No parâmetro de dano invisível, os tratamentos T2 (15,50%), T3 (14,25%) e T6 (14,25%) apresentaram as maiores médias, sendo agrupados na classe estatística “a”, o que indica baixa eficiência. Por outro lado, os tratamentos T4 (6,75%) e T5 (7,50%) apresentaram os menores níveis de dano, classificados como “b”. O tratamento T1 (12,42%) obteve desempenho intermediário (classe “ab”). Nesta avaliação o coeficiente de variação (CV) observado foi de 28,26%, o que demonstra confiabilidade dos dados obtidos.

Para o dano visível, T2 novamente apresentou o maior média (1,153%), integrando a classe “a”, enquanto T5 (0,302%) foi o único tratamento classificado como “c”, destacando-se como o mais eficaz. Os tratamentos T3 (0,508%), T4 (0,351%) e T6 (0,462%) formaram um grupo estatisticamente intermediário (“bc”), e T1 (0,809%) foi classificado como “ab”. Já para esta avaliação, obteve-se um CV de 48,14%, indicando maior dispersão dos dados.

A rotação do rotor é um dos parâmetros mais relevantes na colheita mecanizada, pois influencia diretamente tanto a eficiência da trilha quanto o nível de danos causados aos grãos. Quando operando em rotações elevadas, o rotor tende a provocar maior atrito e impacto entre os grãos e os componentes da máquina, aumentando a incidência de trincas e quebras dos grãos. Por outro lado, rotações muito baixas podem comprometer a eficiência da separação, resultando em perdas por grãos não trilhados. Estudos indicam que o ajuste adequado da rotação do rotor, conforme a cultivar e o teor de umidade e as condições da lavoura, é essencial para alcançar um equilíbrio entre produtividade e qualidade do produto colhido (Almeida et al., 2017).

A abertura do côncavo também exerce papel determinante na integridade dos grãos. Aberturas muito estreitas aumentam a compressão dos grãos durante a trilha, favorecendo o esmagamento dos grãos e o surgimento de danos mecânicos, visíveis e invisíveis. Em contrapartida, uma abertura excessivamente larga reduz a eficiência da trilha, permitindo que vagens inteiras passem pelas peneiras sem serem processadas adequadamente. A literatura recomenda ajustes dinâmicos durante a colheita, considerando as variações de umidade, do volume de material e na

sensibilidade da cultivar, como forma de minimizar perdas e preservar a qualidade dos grãos. (Silva; Moura, 2018).

Dentre as combinações testadas a que se mostrou a melhor opção para se trabalhar nas condições do estudo foi o T4, obtendo-se a menor porcentagem de dano invisível e a segunda menor porcentagem de dano visível. Com rotação de rotor em 650 rpm e abertura de côncavo em 0,012 m, ou seja, maior rotação e abertura testada, houve menor porcentual de danos ao grão.

Ao trabalhar nestas condições de regulagem da máquina os grãos passam mais rápido pelo sistema de trilha e ao regular em maior abertura o côncavo, reduz-se o atrito no material colhido. Esta combinação em uma soja com baixa umidade, como o caso do estudo, onde a umidade do tratamento estava em torno de 14,5%, não propicia sobrecarga no sistema de trilha e retrilha da máquina, visto que o material seco apesenta maior facilidade de debulha. Favorecendo com esta combinação, a possibilidade de se trabalhar com uma maior taxa de alimentação da máquina, seja pelo aumento da velocidade de colheita, como em área de maior produtividade.

Já ao se aumentar a rotação do rotor e reduzir a abertura do côncavo, como no caso do T2, o impacto negativo é significativo nos danos. A maior pressão em um material passando em maior rotação acaba por danificar o grão.

Ao comparar o T2 com T3, ambos com 0,008 m de abertura de côncavo, notou-se que, dentre os fatores testados, o aumento na pressão da trilha, feito pelo estreitamento do concavo em relação ao rotor, apresenta maior impacto, sendo um ponto de atenção ao se regular a máquina.

Estes dados são mais impactantes em grãos destinados a utilização como semente, visto que qualquer impacto, mesmo que mínimo ao grão, afeita seu potencial de germinação.

Mesmo não sendo o caso da área de estudo, onde a soja colhida não tem o intuito de ser utilizada como semente, estes danos, podem afetar a qualidade dos grãos no tempo de armazenamento ou na secagem do grão, possibilitando uma maior probabilidade de aparecimento de fungos, principalmente em produtos colhidos com maior porcentagem de umidade.

Embora o foco deste estudo tenha sido quantificar danos relativos e qualidade dos grãos causados pela colheita mecanizada, recomenda-se que futuras pesquisas

considerem não apenas a classificação dos danos visíveis e invisíveis, e a quantificação direta das perdas em massa ou volume. Isso possibilitaria uma compreensão mais abrangente do impacto das diferentes regulagens da colhedora sobre o rendimento final da lavoura, permitindo ajustes mais precisos com foco em maximizar a eficiência operacional e a produtividade.

4. CONCLUSÃO

A análise dos danos mecânicos, visíveis e invisíveis dos grãos, em função dos diferentes tratamentos aplicados na colheita evidenciou variações estatisticamente relevantes.

O tratamento T4 apresentou a menor porcentagem de dano invisível e a segunda menor em danos visíveis, sendo a melhor opção testada e o tratamento T2 resultou nos maiores índices de dano, refletindo baixa efetividade no controle dos danos.

Os resultados confirmam que a regulagem correta da colhedora é fator crítico para a redução de danos mecânicos na colheita da soja.

Recomenda-se a coleta de amostras de perdas quantitativas e qualitativas, para uma possível análise da relação em ambos os aspectos de perda atreladas a combinações de abertura do côncavo e rotação de rotor.

5. AGRADECIMENTOS

À todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho. Agradecemos especialmente ao senhor Fábio Andrade, da Fazenda Pirapitinga, por sua generosidade ao ceder o talhão e a máquina para a execução do experimento. À Fatec, por disponibilizar o laboratório e oferecer o suporte necessário durante todas as etapas do projeto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. R.; COSTA, L. M.; TORRES, A. C. Influência da rotação do rotor na colheita mecanizada da soja. *Revista Técnica de Máquinas Agrícolas*, v. 10, n. 2, p. 45–51, 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da Safra*

Brasileira de Grãos: Safra 2023/24 – 6º Levantamento. Brasília: CONAB, 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil*: 2020. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

GOTTEMS, L. **Danos mecânicos em sementes de soja comprometem qualidade.** Agrolink, 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/danos-mecanicos-em-sementes-de-soja-comprometem-qualidade_499684.html. Acesso em: 11 maio 2025.

HOLTZ, V.; LIRA, J. D.; MALLER, A.; MASSOLA, M. P. Como o ângulo e velocidade afetam as perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Cultivar**, 2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/como-o-angulo-e-velocidade-afetam-as-perdas-na-colheita-mecanizada-de-soja>. Acesso em: 11 maio 2025.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4 p. (Circular Técnica, 37).

REVISTA F&T. **Influência da inoculação com uso de nutrientes no desenvolvimento e estabelecimento de soja (Glycine max).** Revista F&T, 2021. Disponível em: <https://revistaft.com.br/influencia-da-inoculacao-com-uso-de-nutrientes-no-desenvolvimento-e-estabelecimento-de-soja-glycine-max/>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, R. J.; MOURA, P. D. Avaliação da abertura de côncavo sobre os danos físicos em grãos de soja. **Estudos em Engenharia Agrícola**, v. 14, n. 1, p. 32–38, 2018.

SOARES, et al. Qualidade de grãos na colheita mecanizada de soja. **Revista UEG**, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/14297/9874>. Acesso em: 11 maio 2025.

SOUZA, C. M. A. de et al. Perdas na colheita mecanizada da soja em função da velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 348–352, 2019.

TOLEDO, A. et al. Danos mecânicos na colheita de soja e sua influência na qualidade dos grãos armazenados. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 1953–1958, 2013.