

Ajustes Operacionais E Adaptações Mecânicas Em Colhedoras De Grãos: Impactos Na Redução De Perdas Em Culturas Sensíveis Como Girassol, Canola E Gergelim

João Henrique Darold Tirloni

Graduando Em Agronomia

Universidade Federal De Santa Maria

Av. Roraima Nº 1000 Cidade Universitária Bairro - Camobi, Santa Maria - Rs, 97105-900

Resumo

A colheita mecanizada de oleaginosas sensíveis, como girassol, canola e gergelim, representa uma das etapas mais críticas do sistema produtivo, em função das elevadas perdas associadas às características morfológicas dessas culturas e às limitações operacionais das máquinas. Diante desse contexto, o presente artigo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, os principais ajustes operacionais e adaptações mecânicas em colhedoras de grãos e seus impactos na redução de perdas durante a colheita mecanizada dessas culturas. A revisão contemplou estudos publicados entre 2009 e 2025, obtidos em bases de dados nacionais e internacionais, abordando regulagens de plataformas de corte, ajustes internos dos sistemas de trilha, separação e limpeza, bem como adaptações mecânicas específicas. Os resultados indicam que perdas significativas estão associadas à fragilidade dos capítulos de girassol, à leveza e desuniformidade de maturação do gergelim e ao desgrane natural da canola, sendo amplificadas por condições ambientais adversas. Evidenciou-se que a correta calibração da altura de corte, da velocidade do molinete, da rotação do cilindro, da abertura do côncavo e do sistema de limpeza, aliada ao uso de plataformas e dispositivos adaptados, reduz perdas e melhora a eficiência operacional. Conclui-se que a colheita mecanizada eficiente dessas culturas exige uma abordagem sistêmica, integrando tecnologia adequada, regulagens específicas e capacitação técnica dos operadores.

Palavras-chave: colheita mecanizada; oleaginosas; perdas de grãos; regulação de colhedoras; mecanização agrícola.

Date of Submission: 01-01-2026

Date of Acceptance: 10-01-2026

I. Introdução

A mecanização agrícola desempenha papel central na sustentabilidade e na competitividade dos sistemas de produção modernos, especialmente em culturas destinadas à produção de óleo vegetal. Espécies como girassol, canola e gergelim têm ganhado relevância econômica em diferentes regiões do mundo, seja pela diversificação produtiva, seja pela crescente demanda da indústria alimentícia e energética. No entanto, apesar do potencial produtivo, essas culturas apresentam características morfológicas e fisiológicas que tornam a colheita mecanizada uma etapa crítica do processo produtivo.

Diferentemente de grãos tradicionais, como milho e soja, as oleaginosas sensíveis apresentam maior fragilidade estrutural, sementes de menor massa e, em muitos casos, mecanismos naturais de degrana. O girassol, por exemplo, possui capítulos suscetíveis à fragmentação quando submetidos a impactos mecânicos, enquanto o gergelim apresenta cápsulas que se abrem facilmente no ponto de maturação, favorecendo perdas antes e durante a colheita (Silva *et al.*, 2009; Zivkovic; Georgiev, 2018).

Essas particularidades fazem com que as perdas na colheita mecanizada assumam proporções significativas, comprometendo a eficiência econômica da atividade. Estudos indicam que uma parcela expressiva das perdas totais ocorre nessa fase, muitas vezes associada à inadequação das máquinas ou à ausência de regulagens compatíveis com as características da cultura. Assim, a colheita deixa de ser apenas uma operação final e passa a ser um fator determinante do rendimento efetivo da lavoura (Casas *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2020). Além dos aspectos morfológicos das plantas, fatores operacionais exercem influência direta sobre as perdas. Velocidade de deslocamento da colhedora, altura de corte, ajuste do molinete e parâmetros internos de trilha e limpeza são variáveis que, quando mal ajustadas, intensificam o desprendimento e a quebra das sementes. Em culturas sensíveis, pequenas variações nesses parâmetros podem resultar em perdas expressivas (Chioderoli *et al.*, 2012).

Outro elemento relevante é a limitação das colhedoras convencionais, originalmente projetadas para grãos de maior porte. Quando utilizadas sem adaptações, essas máquinas tendem a apresentar desempenho inferior em oleaginosas sensíveis, aumentando perdas por impacto, vibração e inadequação do fluxo de material. Esse cenário tem impulsionado o desenvolvimento de plataformas e dispositivos específicos para essas culturas

(Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020). Nos últimos anos, diferentes soluções mecânicas têm sido propostas com o objetivo de reduzir perdas na colheita de girassol, canola e gergelim. Entre elas, destacam-se plataformas especializadas, sistemas de condução das plantas, carenagens laterais e dispositivos de alimentação adaptados, que buscam minimizar o impacto mecânico e melhorar a eficiência do recolhimento (Chaplygin, Bessalova & Podzorova, 2019; Embrapa, 2020).

Apesar desses avanços tecnológicos, a literatura aponta que a simples adoção de equipamentos adaptados não garante, por si só, a redução de perdas. A eficiência da colheita mecanizada está fortemente condicionada à correta calibração das máquinas e ao conhecimento técnico do operador, que deve ajustar os parâmetros conforme a cultura, o estágio de maturação e as condições ambientais (Taghian, Ebrahimi & Soleimani, 2020). Estudos comparativos entre métodos mecanizados e tradicionais reforçam essa constatação, evidenciando que sistemas mecanizados mal regulados podem apresentar perdas equivalentes ou até superiores às observadas em colheitas manuais. Isso destaca a necessidade de uma abordagem integrada entre tecnologia, manejo e capacitação (Noorani, Asakereh & Siahpoosh, 2023; Yousif & Babiker, 2016).

Outro aspecto que merece atenção é a influência das condições ambientais no momento da colheita. Fatores como vento, umidade relativa do ar e temperatura podem intensificar a degradação natural e a dispersão das sementes, exigindo ajustes operacionais ainda mais precisos (Ali *et al.*, 2020). Ignorar essas variáveis pode comprometer o desempenho mesmo de sistemas tecnicamente avançados. Diante desse contexto, torna-se evidente a importância de compreender como ajustes operacionais e adaptações mecânicas interferem na eficiência da colheita mecanizada de culturas sensíveis. A sistematização do conhecimento existente permite identificar práticas consolidadas, lacunas técnicas e oportunidades de aprimoramento, contribuindo para a redução de perdas e para o uso mais racional da mecanização agrícola (Ren *et al.*, 2025).

Assim, este artigo tem como objetivo analisar, à luz da literatura científica, os principais ajustes operacionais e adaptações mecânicas aplicados às colhedoras de grãos utilizadas na colheita de girassol, canola e gergelim, discutindo seus impactos na redução de perdas e na eficiência do processo produtivo.

II. Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e descritiva, cuja finalidade é sistematizar e discutir o conhecimento científico disponível sobre ajustes operacionais e adaptações mecânicas em colhedoras de grãos aplicadas a culturas sensíveis. A revisão bibliográfica permite integrar resultados de diferentes estudos, identificar consensos e lacunas e construir uma análise crítica fundamentada na literatura existente, sendo amplamente utilizada em pesquisas nas áreas de Engenharia Agrícola e Ciências Agrárias (Gil, 2017; Marconi & Lakatos, 2019).

Foram incluídos estudos que abordassem diretamente a colheita mecanizada de oleaginosas sensíveis, como girassol, canola e gergelim, com foco em perdas de grãos, desempenho operacional de máquinas, regulagens e adaptações mecânicas. Consideraram-se artigos científicos, revisões técnicas, trabalhos apresentados em congressos e documentos institucionais publicados entre 2009 e 2025, nos idiomas português e inglês. Foram excluídos estudos voltados exclusivamente ao melhoramento genético ou ao manejo agrônomo sem interface com a mecanização, bem como publicações sem detalhamento técnico dos parâmetros de colheita (Ali *et al.*, 2020; Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020).

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados amplamente reconhecidas pela comunidade científica, incluindo Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e o Portal de Periódicos da CAPES. Essas bases foram selecionadas por concentrarem periódicos relevantes nas áreas de mecanização agrícola, engenharia rural e sistemas de produção de oleaginosas, além de permitirem acesso a estudos experimentais e revisões de abrangência internacional (Casas *et al.*, 2015; Ren *et al.*, 2025).

As estratégias de busca envolveram a combinação de descritores controlados e palavras-chave livres em português e inglês, como “colheita mecanizada”, “perdas na colheita”, “oleaginosas”, “girassol”, “canola”, “gergelim”, “ajustes operacionais”, “harvesting losses”, “oilseed crops” e “mechanical harvesting”. Foram utilizados operadores booleanos (AND, OR) para refinar os resultados e ampliar a recuperação de estudos relevantes, conforme recomendado em revisões narrativas e integrativas na área agrícola (Pereira *et al.*, 2018; Gil, 2017).

Inicialmente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos para verificar a aderência dos estudos ao objetivo da pesquisa. Na sequência, os trabalhos selecionados foram analisados na íntegra, com atenção especial aos aspectos relacionados às características das culturas, regulagens de plataformas, ajustes internos das colhedoras e indicadores de perdas. Os estudos foram então organizados em categorias temáticas, permitindo a comparação entre diferentes abordagens técnicas e contextos produtivos, estratégia frequentemente empregada em revisões na área de mecanização agrícola (Bardin, 2016; Taghian, Ebrahimi & Soleimani, 2020).

Entre as limitações desta revisão destaca-se a heterogeneidade metodológica dos estudos analisados, especialmente no que se refere às condições de campo, aos tipos de máquinas avaliadas e aos critérios utilizados para quantificação de perdas. Além disso, parte significativa das pesquisas foi conduzida em ambientes

específicos, o que pode limitar a extrapolação direta dos resultados para outras realidades produtivas. Ainda assim, a análise integrada da literatura permite identificar tendências consistentes e fornecer subsídios técnicos relevantes para o aprimoramento da colheita mecanizada de culturas sensíveis (Yousif & Babiker, 2016; Noorani, Asakereh & Siahpoosh, 2023).

III. Resultados E Discussão

Características das culturas e fatores associados à perda de grãos

As perdas na colheita mecanizada de oleaginosas estão diretamente relacionadas às características morfológicas e fisiológicas das culturas, que determinam sua interação com os componentes da colhedora. Diferentemente de grãos de maior resistência estrutural, como milho e soja, culturas como girassol, gergelim e canola apresentam estruturas reprodutivas mais frágeis e sementes de menor massa, o que aumenta a suscetibilidade a impactos mecânicos, vibrações e fluxo de ar excessivo durante a colheita (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Ren et al., 2025).

No caso do girassol, a principal fonte de perdas está associada à fragilidade dos capítulos no estágio de maturação fisiológica e pós-maturação. À medida que ocorre a secagem do dorso do capítulo, sua resistência mecânica diminui significativamente, favorecendo a quebra e o desprendimento dos aquênios quando submetidos ao contato com a plataforma de corte ou a vibrações excessivas (Silva et al., 2009). Estudos de Ali et al. (2020) demonstram que impactos diretos e ajustes inadequados do molinete são responsáveis por perdas consideráveis ainda na fase de recolhimento. Além disso, a arquitetura da planta de girassol, com capítulos expostos e posicionados em alturas variáveis, dificulta a padronização do corte, especialmente em áreas com desuniformidade de crescimento. Testes realizados por Chaplygin, Bessalova e Podzorova (2019) indicam que plataformas convencionais tendem a intensificar perdas por contato lateral e vibração, enquanto plataformas específicas reduzem significativamente esse efeito ao direcionar os capítulos de forma mais controlada.

O gergelim, por sua vez, apresenta um conjunto de fatores que tornam sua colheita mecanizada ainda mais desafiadora. A leveza das sementes, associada à abertura natural das cápsulas no ponto de maturação, favorece perdas expressivas antes mesmo da entrada do material na colhedora (Zivkovic & Georgiev, 2018). Ishpekov (2019) destaca que o simples transporte das hastes até o sistema de trilha já pode resultar em perdas elevadas quando não há dispositivos adequados de condução e alimentação. Outro fator crítico na colheita do gergelim é a desuniformidade de maturação das plantas dentro da mesma área. Enquanto algumas cápsulas já se encontram completamente abertas, outras ainda estão em processo de secagem, dificultando a definição do momento ideal de colheita. Avaliações realizadas por Noorani, Asakereh e Siahpoosh (2023) mostram que essa heterogeneidade contribui para o aumento das perdas tanto na colheita mecanizada quanto no manual, exigindo ajustes operacionais cuidadosos e, muitas vezes, soluções mecânicas específicas.

Na canola, o principal fator associado às perdas é o desgrane natural das síliquas, intensificado à medida que a cultura atinge a maturidade. O pequeno tamanho e a baixa massa das sementes fazem com que qualquer impacto mecânico excessivo ou fluxo de ar inadequado resulte em expulsão imediata do material colhido (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020). Ren et al. (2025) ressaltam que perdas na plataforma representam uma parcela significativa das perdas totais, sobretudo quando colhedoras não adaptadas são utilizadas. Além das características intrínsecas das culturas, as condições ambientais no momento da colheita exercem papel determinante na amplificação das perdas. Vento, baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas favorecem a degradação natural e aumentam a dispersão das sementes durante a operação (Ali et al., 2020). Yousif e Babiker (2016) observaram que, em áreas de sequeiro, pequenas variações climáticas no momento da colheita resultam em diferenças expressivas nos índices de perdas.

De forma integrada, a literatura evidencia que as perdas na colheita de girassol, gergelim e canola não podem ser atribuídas a um único fator isolado, mas resultam da interação entre características morfológicas das plantas, estágio de maturação, condições ambientais e nível de adequação das máquinas utilizadas. Estudos conduzidos por Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) e por Ali et al. (2020) demonstram que mesmo tecnologias modernas apresentam desempenho limitado quando não ajustadas às especificidades dessas culturas. De maneira complementar, Ren et al. (2025) reforçam que a compreensão integrada desses fatores é fundamental para orientar regulagens operacionais e adaptações mecânicas eficazes, reduzindo perdas e aumentando a eficiência da colheita mecanizada.

Regulagens essenciais das plataformas de corte

A plataforma de corte representa o primeiro ponto de contato entre a colhedora e a cultura, sendo responsável por uma parcela significativa das perdas observadas na colheita mecanizada de oleaginosas sensíveis. Regulagens inadequadas nessa etapa tendem a provocar desprendimento de sementes antes mesmo da entrada do material no sistema de trilha, o que torna a correta calibração da plataforma um fator decisivo para a eficiência da operação (Casas et al., 2015; Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020).

A altura de corte é um dos parâmetros mais críticos, especialmente em culturas com arquitetura variável, como o girassol e a canola. Cortes realizados abaixo do ponto ideal aumentam o volume de material conduzido para a colhedora, intensificando vibrações e impactos, enquanto cortes excessivamente altos favorecem perdas por quebra e desprendimento das estruturas reprodutivas (Silva et al., 2009). Estudos analisados por Ali et al. (2020) indicam que a definição da altura de corte deve considerar a posição dos capítulos ou síliques e a uniformidade da lavoura, sendo recomendável ajustes dinâmicos em áreas heterogêneas. Outro componente fundamental é a velocidade do molinete, que deve estar sincronizada com a velocidade de deslocamento da máquina. Molinetes operando em velocidades superiores ao avanço da colhedora promovem o chamado “empurrão excessivo”, causando impactos diretos sobre capítulos e vagens, enquanto velocidades inferiores comprometem o fluxo contínuo do material para a barra de corte. A literatura aponta que esse desequilíbrio é uma das principais causas de perdas na plataforma, sobretudo em culturas de sementes leves (Chioderoli et al., 2012; Ali et al., 2020).

As adaptações mecânicas nas plataformas têm se mostrado estratégias eficazes para reduzir perdas, especialmente no girassol. A utilização de carenagens laterais, chapas condutoras e barras recolhedoras permite direcionar os capítulos de forma mais controlada, reduzindo a exposição ao vento e minimizando o impacto mecânico durante o corte (Chaplygin, Besspalova & Podzorova, 2019). Zhou e Li (2025) destacam que plataformas específicas para girassol apresentam melhor desempenho em termos de adaptabilidade e redução de perdas quando comparadas às plataformas convencionais. No caso da canola e do gergelim, plataformas flexíveis e sistemas de condução ajustados contribuem para reduzir vibrações e manter o contato uniforme com a superfície do solo. Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) ressaltam que essas adaptações permitem acompanhar irregularidades do terreno, evitando oscilações bruscas que intensificam o desprendimento das sementes. Para o gergelim, a condução suave das hastes até a barra de corte é considerada essencial para evitar perdas antes da trilha (Ishpekoy, 2019).

De modo geral, ajustes voltados à minimização do empurrão excessivo e da vibração da plataforma têm impacto direto na redução das perdas iniciais da colheita. A combinação entre altura de corte adequada, sincronização do molinete e uso de plataformas adaptadas cria um ambiente operacional mais estável, reduzindo danos mecânicos e melhorando o fluxo do material colhido. Esses resultados reforçam que a eficiência da colheita mecanizada começa na plataforma de corte, exigindo atenção técnica contínua e ajustes específicos para cada cultura (Casas et al., 2015; Ren et al., 2025).

Ajustes internos das colhedoras (trilha, separação e limpeza)

Os ajustes internos das colhedoras constituem uma etapa decisiva para o controle das perdas na colheita mecanizada de culturas sensíveis, pois é nesse conjunto de sistemas que ocorre a separação efetiva entre grãos e material vegetal. Parâmetros inadequados de trilha, separação e limpeza podem provocar tanto perdas quantitativas quanto danos físicos às sementes, comprometendo a qualidade do produto final (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Ren et al., 2025). A rotação do cilindro ou do rotor é um dos principais fatores que influenciam o desempenho do sistema de trilha. Em oleaginosas de sementes pequenas e frágeis, rotações elevadas tendem a intensificar a quebra e o esmagamento dos grãos, enquanto rotações muito baixas resultam em trilha incompleta e aumento de perdas residuais (Ali et al., 2020).

Estudos comparativos mostram que a faixa ideal de rotação é significativamente inferior à utilizada em culturas como milho e soja, exigindo ajustes específicos para cada espécie. No caso do gergelim, a sensibilidade das sementes torna a regulação da rotação ainda mais crítica. Taghian, Ebrahimi e Soleimani (2020) observaram que pequenas variações na rotação do cilindro podem resultar em perdas expressivas, seja por quebra excessiva ou por sementes não desprendidas das cápsulas. Resultados semelhantes foram relatados por Yousif e Babiker (2016), especialmente em áreas de sequeiro. A abertura do côncavo atua de forma complementar à rotação do cilindro, influenciando diretamente o nível de atrito e compressão exercido sobre o material colhido. Aberturas muito estreitas aumentam a intensidade do contato mecânico, elevando o risco de danos às sementes, enquanto aberturas excessivas favorecem o escape de grãos não trilhados. Dessa forma, o ajuste do côncavo deve ser realizado considerando o tamanho das sementes e o teor de umidade no momento da colheita (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020).

Em culturas como a canola, o pequeno diâmetro das sementes exige uma combinação cuidadosa entre rotação moderada e abertura de côncavo adequada, a fim de garantir a separação eficiente sem provocar perdas internas (Ren et al., 2025). Ali et al. (2020) destacam que a falta desse equilíbrio é uma das principais causas de perdas laterais observadas em colhedoras não adaptadas. A regulação do sistema de limpeza, especialmente do ventilador, representa outro ponto crítico. Sementes leves, como as de gergelim e canola, são facilmente deslocadas por fluxos de ar excessivos, resultando em perdas significativas pela parte traseira da máquina. Por outro lado, ventilação insuficiente compromete a separação entre grãos e impurezas, reduzindo a eficiência do processo (Casas et al., 2015).

As peneiras desempenham papel fundamental na condução do material dentro da colhedora, influenciando tanto a eficiência de separação quanto o direcionamento dos grãos para o sistema de armazenamento. Peneiras mal reguladas podem causar acúmulo excessivo de material, resultando em entupimentos, perdas laterais e sobrecarga dos sistemas subsequentes (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020). Casas et al. (2015) demonstram que ajustes finos no fluxo de ar podem reduzir consideravelmente as perdas sem comprometer a qualidade da limpeza, desde que realizados de forma integrada com as regulagens de peneiras. A interação entre esses componentes exige atenção constante do operador, sobretudo em condições variáveis de campo.

O fluxo de material ao longo da colhedora deve ser contínuo e equilibrado. Em situações de excesso de palhada ou alimentação irregular, observa-se aumento das perdas internas, especialmente em culturas de arquitetura complexa, como o girassol (Chaplygin, Bessalova & Podzorova, 2019). A adequação do fluxo está diretamente relacionada à regulação conjunta de todos os sistemas internos. Os ajustes internos das colhedoras exercem impacto direto sobre o trilhamento, a quebra de sementes e as perdas laterais. A literatura converge para a ideia de que a eficiência da colheita mecanizada de oleaginosas sensíveis depende menos de um único parâmetro isolado e mais do equilíbrio entre rotação, abertura de côncavo, ventilação e peneiras. Essa abordagem integrada é essencial para reduzir perdas e maximizar o aproveitamento do potencial produtivo das culturas (Ali et al., 2020; Ren et al., 2025).

Adaptações mecânicas em colhedoras e plataformas especiais

O avanço da mecanização agrícola em culturas sensíveis tem impulsionado o desenvolvimento de adaptações mecânicas específicas, voltadas à redução de perdas e à melhoria da eficiência operacional. Diferentemente das regulagens convencionais, essas adaptações envolvem modificações estruturais em colhedoras e plataformas, projetadas para atender às particularidades morfológicas e fisiológicas de oleaginosas como girassol, canola e gergelim (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Pari, Latterini & Stefanoni, 2020).

No caso do girassol, a adoção de kits específicos de colheita representa uma das principais estratégias de mitigação de perdas. Esses kits geralmente incluem barras recolhedoras, chapas laterais alongadas e carenagens direcionadoras, que reduzem o impacto direto nos capítulos e evitam o desprendimento precoce dos aquênios. Ensaios conduzidos por Chaplygin, Bessalova e Podzorova (2019) demonstraram que essas adaptações podem reduzir significativamente as perdas na plataforma quando comparadas a colhedoras não adaptadas. Além disso, estudos de Ali et al. (2020) e Zhou e Li (2025) indicam que plataformas específicas para girassol apresentam maior estabilidade operacional e melhor controle do fluxo de material, sobretudo em condições de vento moderado. Essas soluções também contribuem para a uniformização da alimentação da colhedora, reduzindo vibrações e impactos ao longo de todo o processo de colheita.

Para a canola, as principais adaptações mecânicas concentram-se no uso de plataformas de corte flexíveis e extensões laterais, projetadas para acompanhar as irregularidades do solo e minimizar o desgrane natural das siliquis. Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) relatam que essas plataformas permitem um corte mais uniforme e reduzem perdas associadas à oscilação da barra de corte, especialmente em terrenos ondulados. Outro recurso amplamente adotado na colheita da canola é o uso de sistemas de contenção lateral e mesas alongadas, que ampliam o tempo de retenção das plantas após o corte. Segundo Ren et al. (2025), esse prolongamento reduz a exposição das sementes ao vento e ao impacto mecânico, resultando em menor dispersão durante o transporte até o sistema de trilha.

No caso do gergelim, as adaptações mecânicas assumem papel ainda mais crítico devido à extrema leveza das sementes e à abertura natural das cápsulas. Dispositivos de alimentação com dedos condutores, sistemas antiespalming e mecanismos de contenção têm sido desenvolvidos para reduzir perdas antes da trilha (Ishpekova, 2019). A Embrapa (2020) destaca que essas adaptações são fundamentais para viabilizar a colheita mecanizada dessa cultura em sistemas comerciais.

Avaliações comparativas realizadas por Noorani, Asakereh e Siahpoosh (2023) mostram que colhedoras equipadas com dispositivos específicos para gergelim apresentam desempenho superior em relação às máquinas convencionais, tanto em termos de redução de perdas quanto de uniformidade da colheita. Resultados semelhantes foram observados por Taghian, Ebrahimi e Soleimani (2020), reforçando a importância dessas soluções. Apesar dos avanços, a literatura ressalta que as adaptações mecânicas não substituem a necessidade de regulagens operacionais adequadas. Pelo contrário, seu desempenho máximo é alcançado quando combinadas a ajustes finos de velocidade, trilha e limpeza, conforme as condições da lavoura e do ambiente (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Ali et al., 2020).

Em suma, as adaptações mecânicas em colhedoras e plataformas especiais representam um passo importante para a mecanização eficiente de culturas sensíveis. Ao reduzir perdas iniciais, melhorar o fluxo de material e minimizar danos mecânicos, essas soluções contribuem para o aumento da produtividade efetiva e para a sustentabilidade dos sistemas de produção, consolidando-se como ferramentas estratégicas na modernização da colheita mecanizada de oleaginosas.

Relação entre regulagens, eficiência operacional e perdas

A eficiência operacional da colheita mecanizada de culturas sensíveis está diretamente relacionada ao nível de adequação das regulagens realizadas na máquina. A literatura demonstra que perdas de grãos não decorrem apenas das características intrínsecas das culturas, mas, sobretudo, da interação entre essas características e os parâmetros operacionais adotados durante a colheita. Assim, a eficiência da operação deve ser avaliada de forma integrada, considerando desempenho mecânico, qualidade do produto colhido e redução de perdas (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Ren et al., 2025).

A velocidade de deslocamento da colhedora é um dos fatores mais frequentemente associados ao aumento das perdas. Trabalhos clássicos e recentes indicam que velocidades acima do recomendado intensificam vibrações, reduzem o tempo de ação dos sistemas de trilha e limpeza e aumentam perdas na plataforma e na parte traseira da máquina (Chioderoli et al., 2012; Casas et al., 2015). Em culturas como girassol e canola, esse efeito é ainda mais pronunciado devido à fragilidade das estruturas reprodutivas. Estudos comparativos mostram que ajustes adequados permitem manter a eficiência operacional mesmo com velocidades moderadas, reduzindo perdas sem comprometer a capacidade operacional da máquina. Ali et al. (2020) destacam que a adoção de regulagens específicas para oleaginosas pode resultar em ganhos expressivos no volume efetivamente colhido, compensando eventuais reduções na velocidade de avanço.

No sistema de trilha, a relação entre rotação do cilindro ou rotor e abertura do côncavo exerce influência direta sobre a qualidade da separação e sobre os danos mecânicos às sementes. Taghian, Ebrahimi e Soleimani (2020) demonstraram que a inadequação desses parâmetros é responsável por perdas internas significativas na colheita do gergelim, enquanto Ren et al. (2025) observaram comportamento semelhante na canola, especialmente em colhedoras não adaptadas. A eficiência do sistema de limpeza também está intimamente ligada às regulagens adotadas. Fluxos de ar excessivos, embora aumentem a capacidade de remoção de impurezas, resultam em perdas elevadas de sementes leves, enquanto ventilação insuficiente compromete a qualidade do produto colhido. O equilíbrio entre eficiência de limpeza e minimização de perdas exige ajustes contínuos ao longo da operação, conforme variam as condições da lavoura (Casas et al., 2015).

Outro aspecto relevante é o impacto da capacitação do operador sobre a eficiência da colheita. Estudos de campo indicam que máquinas tecnicamente adequadas podem apresentar desempenho insatisfatório quando operadas sem conhecimento técnico específico das regulagens necessárias para cada cultura (Yousif & Babiker, 2016; Noorani, Asakereh & Siahpoosh, 2023). Esse fator humano assume papel central na redução de perdas e no aproveitamento do potencial das tecnologias disponíveis. As adaptações mecânicas discutidas nos tópicos anteriores ampliam a margem de eficiência operacional, mas não eliminam a necessidade de regulagens finas. Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) ressaltam que plataformas especializadas e dispositivos adicionais atuam como facilitadores do processo, porém seu desempenho máximo depende da correta integração com os sistemas internos da colhedora.

A literatura converge para a compreensão de que a redução de perdas na colheita mecanizada de culturas sensíveis não está associada a um único ajuste isolado, mas a um conjunto articulado de decisões operacionais. A eficiência operacional deve ser entendida como resultado do equilíbrio entre velocidade, regulagens internas, adaptações mecânicas e condições ambientais (Ali et al., 2020; Ren et al., 2025). Nesse sentido, a colheita mecanizada eficiente de girassol, canola e gergelim exige uma abordagem sistêmica, que combine tecnologia adequada, regulagens específicas e capacitação técnica. Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) destacam que a integração entre máquinas adaptadas e ajustes operacionais é fundamental para reduzir perdas e preservar a qualidade das sementes, enquanto Ali et al. (2020) reforçam que essa articulação contribui diretamente para o aumento da eficiência econômica e operacional dos sistemas de produção, consolidando a mecanização como aliada estratégica dessas culturas.

IV. Considerações Finais

Esta revisão bibliográfica evidenciou a importância de ajustes finos nas máquinas e plataformas de corte para a otimização da colheita mecanizada de oleaginosas sensíveis como girassol, canola e gergelim. Entre os principais achados, destaca-se a relação direta entre a adequação das regulagens (como altura de corte, velocidade do molinete e rotação do cilindro) e a redução das perdas. Além disso, as adaptações mecânicas específicas, como plataformas flexíveis para canola e kits especializados para girassol, demonstraram grande eficácia em minimizar perdas iniciais e preservar a qualidade do grão, alinhando-se com os resultados de Herbert, Latterini e Stefanoni (2020) e Ali et al. (2020). A literatura também mostrou que a capacitação dos operadores é um fator determinante para alcançar o máximo desempenho das máquinas adaptadas (Yousif & Babiker, 2016).

A calibração adequada das máquinas de colheita é fundamental para a eficiência da operação, especialmente em culturas sensíveis como o girassol, a canola e o gergelim. Ajustes inadequados na rotação do cilindro, na altura de corte ou na velocidade do molinete podem resultar em perdas significativas, tanto por quebra excessiva quanto pela não separação eficiente dos grãos. A calibração precisa não só reduz essas perdas, mas também melhora a qualidade do produto final. Ren et al. (2025) enfatizam que a calibração deve ser ajustada de

acordo com as condições específicas da lavoura e do ambiente, considerando fatores como maturação desuniforme e características físicas das sementes.

Para agricultores e técnicos, é essencial que se adote uma abordagem integrada, que combine conhecimento técnico, uso de tecnologias adequadas e regulagens finas das máquinas. Recomenda-se, em primeiro lugar, que as máquinas sejam adaptadas para as características específicas de cada cultura, utilizando plataformas e dispositivos especializados para girassol, canola e gergelim. Além disso, deve-se garantir que a calibragem das máquinas seja realizada de maneira sistemática e com base nas condições do campo, como a maturação das plantas e as condições climáticas. Para as indústrias de máquinas, a inovação contínua e o desenvolvimento de soluções mais adaptáveis são fundamentais. A criação de plataformas flexíveis e sistemas de condução que atendam às especificidades de cada cultura pode resultar em melhorias significativas na produtividade e na redução de perdas (Herbert, Latterini & Stefanoni, 2020; Ali et al., 2020).

Embora os avanços na mecanização das colheitas de oleaginosas tenham sido consideráveis, há ainda lacunas significativas que merecem ser abordadas em pesquisas futuras. Estudos comparativos entre diferentes tipos de colhedoras e plataformas adaptadas, realizados em diferentes regiões e condições edafoclimáticas, são essenciais para validar a aplicabilidade das tecnologias propostas. Além disso, investigações mais aprofundadas sobre a interação entre características morfológicas das plantas e as condições operacionais das máquinas podem proporcionar insights sobre novas soluções para minimizar perdas. A capacitação de operadores, ainda subestimada em muitos contextos, também deve ser um foco de pesquisa, visto que o impacto do fator humano sobre a eficiência da colheita ainda não foi amplamente explorado. Assim, investigações sobre a automação e a utilização de inteligência artificial no ajuste dinâmico das máquinas em tempo real podem abrir novas fronteiras para a mecanização inteligente.

Referencias

- [1]. Ali, K. A.; Huang, X.; Zong, W.; Abdeen, M. A. Mechanical Structure And Operating Parameters Of Sunflower Harvesting Machines: A Review. *Revista Internacional De Engenharia Agrícola*, V. 29, N. 2, 2020. Disponível Em: https://www.researchgate.net/publication/350328165_Mechanical_Structure_And_Operating_Parameters_Of_Sunflower_Harvesting_Machines_A_Review. Acesso Em 29 De Novembro De 2025.
- [2]. Bardin, L. *Análise De Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.
- [3]. Casas, M. T. Et Al. Monitoramento Da Operação De Colheita Mecanizada De Sementes. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, V. 19, N. 6, P. 603-609, 2015. Disponível Em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/A/R4vb58htb9nrh4fkqxsckt/>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [4]. Chaplygin, M.; Bepalova, O.; Podzorova, M. Results Of Tests Of Devices For Sunflower Harvesting In Economic Conditions. *E3s Web De Conferências*, V. 126, N. 63, 2019. <https://doi.org/10.1051/E3sconf/201912600063>.
- [5]. Chioderoli, C. A. Et Al. Perdas De Grãos E Distribuição De Palha Na Colheita Mecanizada De Soja Em Função Da Velocidade De Deslocamento. *Bragantia*, V. 71, N. 1, P. 112-121, 2012. Disponível Em: <https://www.scielo.br/j/brag/A/Fxg3jpwqtbhtqkj9sttrfp/>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [6]. Embrapa. *Colheita Mecanizada De Gergelim: Adaptações Com Foco Em Perdas*. Teresina: Embrapa Algodão, 2020. Disponível Em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1153747/1/Bol113.pdf>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [7]. Gil, A. C. *Métodos E Técnicas De Pesquisa Social*. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- [8]. Herbert, L.; Latterini, F.; Stefanoni, W. *Herbaceous Oil Crops: A Review On Mechanical Harvesting State Of The Art*. *Agriculture*, V. 10, N. 8, 2020. <https://doi.org/10.3390/Agriculture10080309>.
- [9]. Ishpekoy, S. S. Indicators Of A Finger Device For Feeding Sesame Stems Into Harvester. *Journal Of Agricultural Machinery*, 2019. Disponível Em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203313634>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [10]. Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. *Fundamentos De Metodologia Científica*. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- [11]. Noorani, M. H.; Asakereh, A.; Siahpoosh, M. R. Evaluation Of Mechanized And Traditional Harvesting Methods Of Sesame In The North Of Khuzestan Province. *Journal Of Agricultural Mechanization*, V. 8, N. 1, P. 33-42, 2023. <https://doi.org/10.22034/Jam.2023.54685.1213>.
- [12]. Pari, L.; Latterini, F.; Stefanoni, W. *Herbaceous Oil Crops, A Review On Mechanical Harvesting State Of The Art*. *Agriculture*, V. 10, N. 8, 309, 2020. <https://doi.org/10.3390/Agriculture10080309>.
- [13]. Pari, L.; Latterini, F.; Stefanoni, W. *Herbaceous Oil Crops: A Review On Mechanical Harvesting State Of The Art*. *Agriculture*, V. 10, P. 309, 2020. <https://doi.org/10.3390/Agriculture10080309>.
- [14]. Ren, X. J. Et Al. Progresso Nas Tecnologias E Equipamentos De Colheita Mecanizada De Cereais Menores: Uma Revisão. *Agriculture*, V. 15, N. 15, 1576, 2025. <https://doi.org/10.3390/Agriculture15151576>.
- [15]. Rithiga, R. Et Al. Complete Mechanization Of Oil Seed Crop Cultivation To Augment The Potentiality Of Yellow Revolution In India: A Review. *International Journal Of Plant & Soil Science*, V. 36, N. 8, P. 1-12, 2024. <https://doi.org/10.9734/Ijps/2024/V36i84887>.
- [16]. Silva, H. P. Et Al. Momento Ideal Para A Colheita Do Girassol Em Função Da Coloração Do Dorso Dos Capítulos. *Agrarian*, V. 2, N. 4, P. 52-59, 2009. Disponível Em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/549>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [17]. Taghian, A.; Ebrahimi, M.; Soleimani, S. Investigation Of Seed Losses At Mechanized Harvesting Of Sesame. *Bulgarian Journal Of Agricultural Science*, V. 26, N. 6, P. 1323-1327, 2020. Disponível Em: <https://www.researchgate.net/publication/347975092>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [18]. Yousif, L. A.; Babiker, E. H. Estimation Of Sesame Mechanical Harvesting Losses In The Mechanized Rainfed Areas Of Eastern Sudan. *Gezira De Agricultura*, V. 14, N. 2, P. 86-99, 2016. Disponível Em: <https://www.academia.edu/98374692>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.
- [19]. Zhou, W.; Li, X. Critical Review Of Sunflower Harvesting Header Technology: Loss Reduction, Adaptability, And Intelligent Mechanization. *Tecnologia Agrícola Inteligente*, V. 12, 101237, 2025. Disponível Em: <https://doaj.org/article/B1561759f34f48a28c4a8232db7b312>. Acesso Em: 27 Nov. 2025.