UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

ALESSANDRO RODRIGO FEHLAUER

PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (*GLYCINE MAX L*) NA COLHEITA AUTOMATIZADA

CERRO LARGO
2025

ALESSANDRO RODRIGO FEHLAUER

PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (*GLYCINE MAX L*) NA COLHEITA AUTOMATIZADA

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

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fehlauer, Alessandro Rodrigo
PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (GLYCINE MAX L) NA COLHEITA AUTOMATIZADA / Alessandro Rodrigo Fehlauer. -- 2025.
f.

Orientador: Marcos Antonio Zambillo Palma

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

I. Palma, Marcos Antonio Zambillo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

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

ALESSANDRO RODRIGO FEHLAUER

PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (*GLYCINE MAX L*) NA COLHEITA AUTOMATIZADA

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 26/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA
Data: 15/12/2025 16:49:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
ANA CRISTINA SCHERER SCALCO
Data: 16/12/2025 08:30:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Administradora - Ana Cristina Scherer Scalco
Avaliadora

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIO CASTRO DA SILVA
Data: 15/12/2025 14:45:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Eng. Agrícola – Flávio Castro da Silva
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, e a meus avôs que não mediram esforços para que eu tivesse condições para concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por todo o apoio que me deram para realização do Trabalho de Conclusão de Curso, além de todo apoio durante todo o período da graduação, me fornecendo a base para realizar está conquista. Agradeço em especial ao meu professor orientador Marcos Antonio Zambillo Palma, que me auxiliou em todo processo de elaboração do trabalho, sempre me atendendo e ajudando, e esclarecendo minhas dúvidas que apareceram durante essa trajetória. Quero agradecer também a equipe da Alvorada Jonh Deere® pela oportunidade e auxilio para realização deste trabalho. Agradeço em especial aos meus colegas Mauri, Felipe e Marlon que me auxiliaram na obtenção dos dados no campo.

“Eu não sei o que quero ser, mas sei muito bem o que não quero me tornar". (Friedrich Nietzsche).

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max*) possui uma área cultivada de 147,7 milhões de hectares, sendo a principal cultura agrícola do país, ocupando a 1° colocação nas exportações dos produtos de origem agrícola do Brasil. A operação de colheita representa a etapa final do processo produtivo da soja (Glycine max) e demanda uma série de cuidados para minimizar as perdas de grãos e garantir a eficiência e a rentabilidade ao produtor. Perdas elevadas são frequentemente resultantes de regulagens inadequadas da colhedora às condições de campo em tempo real. A tecnologia Combine Advisor® (CA) foi desenvolvida para controlar e otimizar estas regulagens automaticamente. Esta pesquisa teve como objetivo quantificar e comparar as perdas de grãos de soja durante a colheita utilizando o sistema Combine Advisor® ligado e desligado. O estudo foi desenvolvido em um esquema fatorial 2 x 2 (CA ligado/desligado e dois dias de colheita). Concluiu-se que a colhedora operando com o sistema Combine Advisor® ligado obteve perdas de grãos significativamente menores do que com o sistema desligado.

Palavras chaves: Combine advisor®; *Glycine max*; automação.

ABSTRACT

The soybean crop (*Glycine max*) covers a cultivated area of 147.7 million hectares, being the main agricultural crop in the country and ranking first among Brazil's agricultural export products. The harvesting operation represents the final stage of the soybean (*Glycine max*) production process and requires a series of precautions to minimize grain losses and ensure efficiency and profitability for the producer. High losses are often the result of improper harvester adjustments to real-time field conditions. The Combine Advisor® (CA) technology was developed to automatically control and optimize these adjustments. This study aimed to quantify and compare soybean grain losses during harvesting with the Combine Advisor® system turned on and off. The study was conducted using a 2 × 2 factorial design (CA on/off and two harvesting days). It was concluded that the harvester operating with the Combine Advisor® system turned on had significantly lower grain losses compared to when the system was turned off.
Keywords: Combine Advisor®; *Glycine max*; automation.

LISTA DE TABELA

TABELA 1 ANALISE DE VARIÂNCIA DAS PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (KG/ HA^{-1}) DURANTE A OPERAÇÃO DE COLHEITA COM O CA DESLIGADO E LIGADO, EM DOIS DIAS DIFERENTES DE COLHEITA. 30
TABELA 2 MÉDIA DAS PERDAS DE GRÃOS DE SOJA EM (KG/ HA^{-1}) EM OPERAÇÃO COM O COMBINE ADVISOR DESLIGADO E COMBINE ADVISOR® LIGADO. 33
TABELA 3 ANALISE DE VARIÂNCIA DAS PERDAS DE GRÃOS DE SOJA (KG HA^{-1}), NOS MECANISMOS INTERNOS, DURANTE A OPERAÇÃO DE COLHEITA COM O CA DESLIGADO E LIGADO, EM DOIS DIAS DIFERENTES DE COLHEITA. 34
TABELA 4 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO, DOS DADOS DOS DIFERENTES MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS PELA COLHEDORA UTILIZADOS NO TRABALHO..... 36

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**11**
2	**OBJETIVOS**	**13**
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	**REVISÃO BIBLIOGRAFICA**	**14**
3.1	SOJA	14
3.2	MECANIZAÇÃO	16
4	**PERDAS NA COLHEITA.**	**18**
4.1	PERDAS NO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.	20
4.2	PERDAS NOS MECANISMOS INTERNOS	21
4.3	PERDAS NA OPERAÇÃO.	22
4.4	SISTEMA DE AUTOMAÇÃO COMBINE ADVISOR®	23
5	**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PERDAS.**	**25**
6	**MATERIAL E MÉTODOS.**	**26**
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.	26
6.2	MANEJO DA CULTURA.	26
6.3	DELINEAMENTO UTILIZADO.	26
6.4	COLHEDORA UTILIZADA.	26
6.5	AVALIÇÃO DAS PERDAS NATURAIS.	27
6.6	AVALIAÇÃO DAS PERDAS TOTAIS DE GRÃOS.	27
6.7	AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS DE SOJA NOS MECANISMOS INTERNOS COM METODOLOGIA ALTERNATIVA	28
7	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	**30**
7.1	PERDAS NATURAIS	30
7.2	PERDAS DE GRÃOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA DA SOJA	30
7.2.1	**Médias de perdas de grãos de soja na operação de colheita em dois dias.**	**31**
7.2.2	**Médias de perdas de grãos de soja na operação com Combine Advisor® ligado e desligado.**	**33**
7.3	PERDAS DE GRÃSO DE SOJA NOS MECANISMOS INTERNO DA COLHEDORA UTILIZANDO METODOLOGIA ALTERNATIVA.	34

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 37
REFERÊNCIAS..... 38

1 INTRODUÇÃO

A soja consolida-se como o principal produto de exportação do agronegócio brasileiro, representando 12,7% de todas as vendas externas do país (COMEX STAT, 2025). Na safra de 2023/2024, a produção atingiu 147,7 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 46,1 milhões de hectares (CONAB, 2025), números que demonstram a relevância da cultura para o desenvolvimento do setor agrícola nacional.

A soja (*Glycine max*) possui uma produção em larga escala devido à sua versatilidade de aplicações. Seu principal uso está na nutrição animal, uma vez que o grão é a base de diversos alimentos proteicos, chegando a representar 70% do componente proteico em rações para animais, com a finalidade para produção de carne (DALL'AGNOL, 2016). Além desse mercado, a soja também é aproveitada em setores como o de cosméticos, farmacêutico e na produção de biodiesel.

Devido à grande importância da soja no cenário nacional, houve um avanço significativo na cadeia produtiva da cultura, resultando em maior padronização tecnológica. Esse progresso inclui melhorias no melhoramento genético, no manejo de pragas e doenças, no controle de plantas daninhas, na adequação da fertilidade do solo e nos sistemas de cultivo, o que proporciona maior eficiência técnica ao processo produtivo (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2010). No entanto, esses incrementos tecnológicos voltados ao aumento da produção podem ser comprometidos nas etapas finais da cultura. Segundo Pimentel (2021), perdas podem ocorrer durante o armazenamento, no transporte, realizado em grande parte pelo sistema rodoviário, ou ainda na última operação dentro da lavoura, com a ocorrência de perdas de grãos durante a colheita

A ocorrência de perdas durante a colheita da soja é um fenômeno inevitável, porém, sua minimização por meio de práticas adequadas é crucial para otimizar a rentabilidade do agricultor, conforme destacado pela EMBRAPA (2006). O investimento em maquinários de maior eficiência, somado a um conhecimento mais aprofundado sobre sua operação e regulagem, tem sido um fator chave para reduzir tais perdas e agregar valor à cadeia produtiva (SEIXAS et al., 2020). Contudo, mesmo com esses avanços, o país ainda enfrenta prejuízos significativos de grãos na colheita, o que limita a produtividade final das lavouras.

As perdas durante a colheita podem ser originadas por diversas causas. Segundo Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011), as mais relevantes e frequentes são: velocidade de deslocamento inadequada, regulagem incorreta do molinete (velocidade e posição), rotação inadequada do

cilindro trilhador, abertura inadequada entre cilindro e côncavo, e a má regulagem dos mecanismos transportadores, do saca-palhas e das peneiras.

Em um monitoramento conduzido por Delalibera, Possamai e Silveira (2024) no estado do Paraná, abrangendo 12 municípios e utilizando a metodologia do copo medidor para determinar as perdas de grãos de soja, foi identificada uma média de 1,28 sacas por hectare. Esse valor representa 0,28 saca acima do limite considerado aceitável pelas pesquisas, o qual é de 60 kg por hectare (Silveira et al., 2019).

Em condições de aclive, declive, requer-se uma regulagem que seja a mais adequada para cada situação durante a colheita, além desses, temos outros fatores que irão influenciar para regulagem ideal dos componentes da colhedora, entre esses fatores, está a condição de Umidade Relativa do ar (UR), que segundo Righi (2011) em condições de UR muito baixas, onde se observa ocorrência da abertura de vagens secas, e em condições de UR maiores que 60%, ocorre uma dificuldade maior para o rompimento das vagens devido à alta umidade.

Assim percebe-se que a importância da regulagem correta para cada situação em especifico para conseguirmos reduzir as perdas. Entendendo essa demanda, hoje contamos com máquinas que estão equipadas com tecnologias que ajudam o produtor a minimizar as perdas durante na colheita da soja, de forma automatizada, aumentando a capacidade operacional do maquinário.

Uma dessas tecnologias é o Combine Advisor®, que possui a opção de 7 recursos de automação durante a colheita, e que se adapta conforme a condição da cultivar, se auto regulando na velocidade de operação e nos sistemas de trilha, e separação e limpeza (John Deere, 2025).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as perdas de grãos na operação de colheita de soja, em condição de relevo plano, com colhedora equipada com o sistema combine advisor®.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar as perdas de grãos em colhedora equipada com combine advisor® na operação em nível.

Quantificar as perdas do mecanismo internos com o combine advisor® ligado e desligado.

Comparar as perdas de grãos de soja obtidas com o sistema ligado e desligado em diferentes dias de operação de colheita.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 SOJA

A soja (Glycine max L.) é uma planta herbácea, caracterizada pela ausência de caule lenhoso, pertencente à família Fabaceae e ao gênero Glycine. Sua origem localiza-se no continente asiático, mais especificamente na região Nordeste da China, conforme a Embrapa (2021), sendo sua domesticação estimada por volta de 840 a.C., segundo Dall'Agnol (2016).

Desde então, a leguminosa tem adquirido crescente importância no cenário mundial devido à sua ampla utilização em diversos setores da sociedade contemporânea. Entre 1960 e 2018, a produção global aumentou 1.202%, destacando-se entre as culturas agrícolas com maior expansão no período (Seixas et al., 2020).

No Brasil, a produção da safra 2025 foi estimada em 147,718 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 46,148 milhões de hectares, resultando em produtividade média de 3.201 kg por hectare (CONAB, 2025). Para a safra 2024/2025, projeta-se expansão da área plantada para 47,450 milhões de hectares. Esses indicadores consolidam o país como um dos principais produtores e exportadores globais. De acordo com a plataforma ComexStat (2025), as exportações brasileiras atingiram 98 milhões de toneladas, destinadas majoritariamente ao mercado chinês.

A introdução da soja no Brasil ocorreu em 1914, no município de Santa Rosa, no Rio Grande do Sul, embora o cultivo tenha adquirido maior relevância apenas na década de 1940, quando foi registrado oficialmente o primeiro dado estatístico de produção, em 1941, segundo Dall'Agnol (2016). Inicialmente, o cultivo tinha como principal objetivo a produção de feno, sendo os grãos colhidos destinados à alimentação de suínos.

Diversos fatores contribuíram para o avanço da cultura no país. Entre eles, destaca-se a Operação Tatu, voltada à correção da acidez do solo, resultando em melhorias significativas na fertilidade e aumento da produtividade (Lopes, 2007). Também foram importantes os incentivos fiscais destinados à cultura do trigo, que utilizava as mesmas máquinas, áreas e mão de obra empregadas no cultivo da soja, como aponta Dall'Agnol (2016). Além disso, a facilidade de mecanização da oleaginosa permitiu sua expansão em larga escala.

Sendo uma planta anual e de reprodução autógama, a soja apresenta variação de estatura conforme a cultivar. Cada cultivar possui um nível crítico de fotoperíodo, caracterizando a espécie como planta de dias curtos (EMBRAPA, 2007). A produtividade final depende de componentes de rendimento, como número de plantas por hectare, número de vagens por planta,

número de grãos por vagem e massa de mil sementes, conforme descrevem Mundstock e Thomas (2005).

Para alcançar altos rendimentos, o produtor deve considerar diversos fatores ao longo do ciclo da cultura. O uso de sementes de alta qualidade é essencial para proporcionar plântulas vigorosas e bom estabelecimento da lavoura. Quando aliado a uma semeadura tecnicamente adequada, o manejo possibilita atingir um estande ideal de plantas, maximizando o potencial genético da cultivar (Mundstock e Thomas, 2005). Plantas selecionadas para altas produtividades apresentam desenvolvimento radicular superior e maior número de vagens por planta, resultando em maior rendimento (França-Neto et al., 2016).

A época de semeadura é um fator decisivo, devendo ocorrer dentro da janela ideal, pois a cultura responde sensivelmente à luminosidade e à temperatura (França-Neto et al., 2016). Alterações no ciclo decorrentes de diferentes épocas de semeadura podem gerar variações expressivas no rendimento das cultivares (Mundstock e Thomas, 2005). O equilíbrio entre o desenvolvimento de folhas, ramos e caule favorece uma maior formação de vagens e consequentemente, uma maior produção de grãos, conforme relatam Mundstock e Thomas (2005).

Após o estabelecimento do estande, o desempenho da cultura está associado às condições físicas e químicas do solo. A semeadura deve ocorrer em solo friável, evitando quadros de compactação que prejudicam o desenvolvimento radicular (França-Neto et al., 2016). No aspecto químico, o pH ideal situa-se entre 5,5 e 6,0; caso esteja abaixo desse intervalo, recomenda-se a calagem com antecedência mínima de três meses (Sousa; Lobato, 1996).

Embora o nitrogênio seja o nutriente mais exigido pela cultura, sua demanda é suprida quase integralmente pela fixação biológica realizada por bactérias do gênero *Bradyrhizobium,* desde que existam condições adequadas para sua atividade (Nogueira e Hungria, 2007). Para fósforo (P) e potássio (K), a adubação deve considerar a textura do solo, sendo que o limite superior da faixa “média” representa o nível crítico desses nutrientes (Oliveira et al., 2007).

A cultura é influenciada por variáveis climáticas, como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica (Oliveira et al., 2007). A soja apresenta melhor desempenho em temperaturas entre 20 °C e 30 °C, não sendo recomendada a semeadura em condições inferiores a 20 °C. Temperaturas abaixo de 10 °C ou acima de 40 °C podem comprometer a produção devido ao abortamento floral e danos ao desenvolvimento das plantas (Mundstock e Thomas, 2005).

As doenças também representam risco à produtividade, podendo afetar tanto as partes aéreas quanto o sistema radicular. Entre as principais doenças estão a ferrugem-asiática, causada por Phakopsora pachyrhizi; a antracnose, causada por Colletotrichum spp.; e o oídio, causado por Erysiphe diffusa (Soares et al., 2023)

Quanto às pragas, destacam-se a lagarta-da-soja (Anticarsia gemmatalis) e os percevejos, como o percevejo-verde (Nezara viridula) e o percevejo-marrom (Euschistus heros), que podem afetar diretamente grãos e vagens, reduzindo produtividade e qualidade, especialmente em áreas de produção de sementes (Gazzoni; Yorinori, 1995). O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é a estratégia mais recomendada, pois integra diferentes métodos de controle e mantém as populações abaixo do nível de dano econômico (Gazzoni; Yorinori, 1995).

A soja apresenta grande relevância econômica e social no Brasil. Além de ser fonte essencial de proteína vegetal para nutrição animal, especialmente para aves, suínos e bovinos, é utilizada na alimentação humana, na indústria farmacêutica, na produção de cosméticos e na fabricação de biocombustíveis (EMBRAPA, 2021). Segundo Dall'Agnol (2016), sua expansão representou um divisor de águas na agricultura brasileira, marcando a transição de sistemas predominantemente de subsistência para uma agricultura empresarial. Em 2014, a soja liderou as exportações brasileiras, correspondendo a 14% do total exportado.

3.2 MECANIZAÇÃO

A mecanização da cultura foi um dos fatores determinantes para que a soja alcançasse o status de uma das commodities mais importantes do mundo, contribuindo significativamente para o posicionamento do Brasil como potência no mercado internacional. Trata-se, também, de um dos grãos mais produzidos globalmente. A mecanização possibilitou a operação eficiente em grandes áreas e ofereceu melhores condições de trabalho aos profissionais envolvidos na produção, conforme destacado por Alves, Mantovani e Oliveira (2005). Atividades que antes demandavam força física intensa passaram a ser executadas com o auxílio de máquinas de pequeno a grande porte, segundo Alves, Mantovani e Oliveira (2005).

A evolução técnica no setor agrícola ocorreu de forma contínua, ampliando gradativamente a oferta de equipamentos dotados de tecnologias cada vez mais avançadas, o que impulsionou o aumento da produtividade no campo, como apontam Vian et al. (2013). Com o tempo, a indústria passou a reconhecer a forte demanda do setor por essas soluções e começou

a investir de maneira mais intensa em inovação, buscando atender às necessidades da agricultura (Vian et al., 2013).

O surgimento e o avanço da mecanização agrícola também geraram uma dependência crescente desses equipamentos para alcançar elevadas produtividades, conforme observado por Vian et al. (2013). Para que um país possa competir internacionalmente como grande produtor agrícola, a mecanização é indispensável. No entanto, ela deve ser adaptada às condições específicas de cada região, considerando as particularidades das culturas e os diferentes ambientes de produção (Vian et al., 2013).

No caso da soja, o progresso tecnológico está presente em todas as etapas do processo produtivo: desde a produção de sementes, a correção e adubação do solo, a semeadura, a pulverização, o uso de irrigação, até a armazenagem e a colheita dos grãos. A colheita, em especial, configura-se como uma fase crítica do sistema produtivo, "principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes." EMBRAPA (2006). Recomenda-se que ela seja realizada quando a cultura atingir o estádio fenológico R8, momento que permite reduzir perdas tanto na qualidade quanto na quantidade dos grãos colhidos, conforme orienta a EMBRAPA (2006).

> É recomendável a colheita da soja quando as sementes atinjam umidade compatível com a trilha mecânica, ao redor de 13% a 15%, que é uma faixa de umidade relativamente segura para minimizar injúrias mecânicas aos grãos pela colhedora. Os danos aumentam quando o teor de água é superior a 18% ou inferior a 13% (AGUILA. L, AGUILA. J E THEISEN 2011).

Com o crescente aumento na produção e da área cultivada, a ocorrência de condições climáticas adversas no momento da colheita, aliado a utilização de cultivares com o ciclo curto, exige maior rapidez e eficiência para diminuir as perdas durante a operação de colheita. Atrasos para o início da colheita podem gerar condições adversas, de umidade ou a senescência natural dos grãos, e consequentemente um aumento nas perdas durante o processo (Tsukahara, 2016). Evidenciando a necessidade de colhedoras que trabalhem com maior eficiência e rapidez no momento da colheita.

4 PERDAS NA COLHEITA.

A colheita consiste na retirada do produto final do campo e reúne o valor agregado de todos os processos, manejos e técnicas aplicados ao longo do ciclo. Por esse motivo, a redução das perdas durante essa etapa é fundamental para garantir maior rentabilidade ao produtor, conforme destaca Seixas et al. (2020). Trata-se, porém, de uma fase complexa, em que as perdas podem ter múltiplas origens, decorrentes tanto de condições de campo quanto de regulagens ou operação inadequada do maquinário — sendo esta última responsável pela maioria dos casos, segundo a EMBRAPA (2006).

As perdas naturais, por sua vez, ocorrem antes do início da colheita. De acordo com Silveira et al. (2019), essas perdas podem resultar da debulha natural ou de atrasos no início da operação, além de serem ocasionadas por eventos climáticos extremos, como chuva de granizo, ventos fortes e chuvas intensas, considerando-se que a área tenha recebido manejo adequado quanto a pragas, doenças, adubação e época de semeadura. A debulha natural está diretamente relacionada à cultivar utilizada, já que algumas apresentam maior predisposição do que outras. Essa condição torna-se ainda mais relevante quando há retardamento na colheita associado a condições climáticas inadequadas, como temperatura elevada ou excesso de umidade, o que intensifica as perdas de qualidade e quantidade, conforme relatado por Aguila L., Aguila J. e Theisen (2011). Eventos como granizo, chuvas torrenciais ou ventos fortes podem provocar deiscência parcial ou total das vagens, segundo Silveira et al. (2019).

Quanto às condições de campo, as perdas podem ter origem em irregularidades do terreno e na topografia, como aponta Seixas et al. (2020). Tais características influenciam diretamente na altura de corte, já que relevos e pequenas ondulações podem impedir que a plataforma de corte — mesmo com sistemas automatizados — acompanhe perfeitamente a superfície do solo. Nesses casos, o corte pode ocorrer acima da inserção da primeira vagem, resultando na permanência de grãos no campo e elevando as perdas. A EMBRAPA (2006) destaca que um preparo de solo inadequado é uma das causas dessas irregularidades.

Outro aspecto relacionado à altura da barra de corte é a escolha da época de semeadura. Plantios realizados fora da janela recomendada, ou em períodos de maior risco climático, podem resultar em plantas de baixa estatura, dificultando a colheita, de acordo com a EMBRAPA (2006). Da mesma forma, o uso de cultivares não adaptadas à região pode levar a problemas como acamamento ou baixo desenvolvimento, conforme ressalta a EMBRAPA (2006).

O retardamento da colheita é outro fator crítico, especialmente em lavouras destinadas à produção de sementes. Ao aguardar condições ideais, o produtor pode provocar deterioração das sementes, além de favorecer a entrada de patógenos indesejáveis na produção, segundo a EMBRAPA (2006). Para grãos destinados à indústria, atrasos também podem resultar em perdas devido à senescência natural ou ao fato de as vagens se tornarem extremamente frágeis e propensas à debulha, como relatam Seixas et al. (2020).

A presença de plantas daninhas também compromete a eficiência da colhedora, aumentando a umidade da massa colhida e exigindo maior velocidade do cilindro de trilha, o que intensifica o dano mecânico aos grãos, conforme indicado pela EMBRAPA (2006). Em situações de maior infestação, é necessário reduzir a velocidade operacional, diminuindo a capacidade de trabalho da máquina, também segundo a EMBRAPA (2006).

Outro fator relevante relacionado às condições de campo no momento da operação é o teor de umidade dos grãos. Quando colhida entre 13% e 15% de umidade, a soja apresenta redução significativa nos danos mecânicos e nas perdas (EMBRAPA, 2006). Sementes colhidas com teores acima de 15% tendem a apresentar danos mecânicos latentes, enquanto grãos colhidos com umidade inferior a 12% apresentam maior incidência de grãos quebrados e danos imediatos, o que pode aumentar posteriormente as perdas nas peneiras, de acordo com a EMBRAPA (2006).

Sobre fatores relacionados à regulagem e operação das colhedoras, vão ter diferentes origens. Mas os mais frequentes são:

> "inadequação da velocidade de deslocamento pela lavoura, velocidade e posição do molinete, rotação do cilindro trilhador, abertura entre cilindro-côncavo, condições de funcionamento da barra de corte, regulagem dos mecanismos transportadores, manutenção e regulagem dos sistemas de transmissão de potência, fluxo de ar do ventilador e regulagem inadequada do saca-palhas e peneiras" (AGUILA. L, AGUILA. J E THEISEN 2011).

Onde que para que haja o mínimo de perdas possíveis é preciso que ocorra na colhedora o trabalho harmônico entre o molinete, a barra de corte, a velocidade da operação e os ajustes dos sistemas de trilha, separação, limpeza e transporte de acordo com Seixas *et al*, (2020). Algumas regulagens indispensáveis são que a velocidade do molinete deve ser maior do que a do deslocamento da colhedora, devendo também operar a frente da barra de corte. A maioria das perdas na colheita relacionadas à regulagem, provém de problemas de regulagem nos sistemas de corte e alimentação, de acordo com a Seixas *et al*, (2020).

A velocidade de operação deve ser definida considerando a produtividade da cultivar e a capacidade da colhedora de realizar a separação adequada entre a massa colhida e os grãos. De acordo com Aguila L., Aguila J. e Theisen (2011), a velocidade recomendada situa-se entre

0,55 a 1,66 m/s. Para decidir entre aumentar ou diminuir a velocidade, é fundamental avaliar se as perdas permanecem dentro de níveis aceitáveis, inferiores a 60 kg por ha^{-1}.

As perdas que ocorrem no sistema de trilha, embora aparentemente menores do que aquelas provenientes do corte e da alimentação, podem resultar em reduções significativas na produtividade, conforme destacam Aguila L., Aguila J. e Theisen (2011). Tais perdas podem ocorrer no cilindro, no batedor ou nas peneiras responsáveis pela separação do material residual e dos grãos, como apontam Seixas et al. (2020).

Quando as perdas são decorrentes da quebra dos grãos, recomenda-se inicialmente realizar a abertura do côncavo e, posteriormente, ajustar a velocidade do cilindro. A rotação ideal do cilindro deve variar entre 500 rpm e 700 rpm, sempre observando as condições específicas da cultivar no momento da colheita, segundo orientação de Aguila L., Aguila J. e Theisen (2011).

4.1 PERDAS NO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.

Esse sistema e responsável por realizar o corte das plantas, e transportar o material para o sistema de trilha, sendo composto pela barra de corte, molinete, condutor helicoidal e esteira alimentadora, segundo Silveira *et al* (2019). Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para o sistema de corte e alimentação e uma delas é a plataforma Draper, patenteada por Bronson & Mcdowell (2010), que consiste em uma plataforma de corte operando com uma esteira, no lugar de um do condutor helicoidal. Primeiramente as plantas de soja são direcionadas pelo molinete e cortadas pela barra de corte, e conduzidas pelo caracol ou pelo sistema Draper, para o centro da plataforma, e através da esteira alimentadora é conduzida para o sistema de trilha.

Em estudo realizado por Araújo (2018), no estado de Minas Gerais, avaliando duas plataformas de corte e alimentação, uma colhedora equipada com sistema draper, e outra colhedora de mesma potência equipada com sistema caracol, em três velocidades de colheita diferentes, 0,55 m/s, 1,11 m/s e 1,66 m/s, obteve diferenças de 40% das perdas na velocidade de 1,11 m/s na velocidade de 1,66 m/s essa diferença alcançou 119%. O que junto com o trabalho de Sulzbach (2024), concluiu que as plataformas Draper geram perdas menores do que se comparadas com as plataformas de caracol, demonstrando que o sistema draper ajuda a diminuir as perdas no sistema de corte e alimentação da máquina colhedora.

4.2 PERDAS NOS MECANISMOS INTERNOS

Perdas no sistema de trilha geralmente são baixas, mas vai ser a operação da colhedora que vai determinar a qualidade do material colhido a diminuição das perdas nesse setor tem como objetivo produção de sementes, diminuindo os danos mecânicos imediatos ou latentes nos grãos e consequentemente a queda no poder germinativo, como indica a Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011). A regulagem do sistema de trilha consiste em diminuir a quebra de grãos, se deve primeiramente aumentar a abertura do côncavo, e na sequência, ajustar a velocidade do cilindro. Indicado é de que a parte frontal da abertura entre o cilindro e o côncavo deve ter 5 mm a mais do que a parte de trás. A rotação do cilindro deve situar-se entre 500 e 700 rpm, para cultura da soja, observando as condições da cultura no momento da colheita, segundo a Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011), também destacam a necessidade de "manter limpa a grelha do côncavo, e verificar o paralelismo entre o cilindro de trilha e o côncavo."

O sistema de separação e limpeza também possui importância quando se observa as perdas de grãos, onde a regulagem das peneiras deve ser realizada tendo em vista o diâmetro dos grãos colhidos daquela cultivar, sendo que esta característica pode variar de acordo com cada cultivar, ou devido a fatores que podem ocorrer durante o ciclo, como déficit hídrico, que gera grãos menores como afirma Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011).

As peneiras superiores devem ter uma abertura um pouco maior do que a inferior, abertura da peneira inferior deve ser tal que só passe o grão trilhado, impedindo a passagem de talos, e o ventilador estar regulado de tal forma que o ar gerado fique sendo direcionado para o meio da peneira inferior, e um pouco atrás da superior, ressaltado por Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011). Onde a extensão da peneira inferior deve ser maior do que a da superior, possibilitando assim que os grãos permaneçam sobre ela por um tempo maior, possibilitando uma melhor separação apontado por Aguila. L, Aguila. J e Theisen (2011).

A unidade de trilha e separação da colhedora tem como função trilhar e separar os grãos das outras partes das plantas, que pode ser composta por um rotor com fluxo de plantas no sentido tangencial e longitudinal (Silva, 2025). A unidade de trilha disposta de forma tangencial a colhedora é chamada de radial, já a disposta de forma longitudinal na colhedora é denominada como axial.

O sistema radial é formado pelos seguintes mecanismos, um cilindro trilhador giratório, um côncavo fixo e um batedor traseiro, posicionados transversalmente na colhedora. Nesse sistema, mais de 90% dos grãos trilhados atravessam os orifícios do côncavo, onde é separado a palha mais grossa dos grãos. Após esse processo a palha que ainda retém parte dos grãos é

novamente trilhada pelo batedor traseiro e, em seguida, distribuída sobre o saca-palha para a separação final. O côncavo pode ser ajustado em relação ao cilindro, permitindo variar a intensidade da trilha. Esses componentes possuem dentes ou barras estriadas que promovem o atrito necessário para a liberação dos grãos (Silva, 2025). Nesse sistema de trilha, tem como característica a mudança de direção devido a rotação do cilindro, fazendo com que os grãos permaneçam por um espaço de tempo maior no sistema, acarretando em danos mecânicos, (Lemos, 2018).

O sistema de trilha axial, pode ser composto por um ou dois rotores trilhadores dispostos de forma longitudinalmente, característica que vai depender do modelo de cada colhedora. No sistema axial, o rotor é equipado com aletas distribuídas em formato helicoidal ao longo de sua periferia e opera dentro de um côncavo, geralmente constituído por um cilindro de chapa perfurada. Durante o processo, as plantas são trilhadas pelo rotor, fazendo com que os grãos atravessem os furos do côncavo e sejam separados dos restos vegetais, os quais são posteriormente descarregados no solo. Esse tipo de máquina não possui uma unidade de separação específica, pois o próprio rotor realiza simultaneamente a trilha na parte inicial, a separação dos grãos na parte final e o descarregamento da palha. Como o rotor trabalha em menor velocidade e o processo de trilha é menos agressivo, a trilha vai ser menos agressiva, diminuindo o dano nos grãos trilhados por esse sistema, Silva (2025). Sendo assim esse sistema têm como característica um menor espaço de tempo de permanência do material no sistema de trilha, diminuindo o atrito e os danos aos grãos, de acordo com Lemos (2018).

Em estudo feito por Camolês (2015), ele observou que o sistema de trilha radial teve o maior valor de perdas quantitativa, que foi obtido pela interação entre o uso da colhedora com trilha radial colhendo na maior condição de umidade da soja. Além de apresentar os maiores valores de danos mecânicos aos grãos colhidos.

4.3 PERDAS NA OPERAÇÃO.

As perdas de grãos na colheita podem ser classificadas em três tipos distintos, levando em conta a sua origem, elas podem ser perdas anteriores a colheita, que são as que ocorrem antes de qualquer operação para retirar a soja seja iniciada, compostas pelos grãos que sofrem a deiscência natural ou pelas vagens caídas ao solo (Seixas *et al*, 2020). Depois temos as perdas

mecânicas que ocorrem pela ação da colhedora, a primeira perda é oriunda do sistema da plataforma de corte que incluem as perdas por debulha, por altura de inserção e devido ao acamamento das plantas. E temos por fim as perdas por trilha, separação e limpeza, onde os grãos acabam perdendo-se através da colhedora durante a operação de colheita (Seixas *et al*, 2020).

4.4 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO COMBINE ADVISOR®.

Para otimizar a operação de colheita, o sistema Combine Advisro®, possui um pacote de 7 recursos de automação, para manter as condições ideias de desempenho observando as condições da lavoura. Sendo composto pelos Auto Maintain®, o qual é um recurso que possibilita o ajusta automaticamente das configurações da colheitadeira para manter as perdas de grãos e as metas de desempenho de qualidade dos grãos conforme as condições em tempo real que a lavoura apresenta, eliminando a necessidade de ajustes manuais por parte dos operadores (Jonh Deere, 2025).

Outro recurso e o conjunto de câmeras Autovision ®, que vão identificar mudanças na qualidade do grão, podendo acompanhar as imagens em tempo real, que fornecem imagens dos elevadores de grãos limpos e rejeitos, que possibilita visualizar a análise de grãos, e que pode fornecer uma identificação codificada por cores e problemas de qualidade de grãos, como a presença de matérias estranhos, grãos não debulhados, e grãos quebrados em sua mostra. Antes de realizar a manutenção automática, deve-se inserir a qualidade de grãos e os problemas que estão ocorrendo, assim o sistema utiliza as condições atuais e combinara as configurações para recomendar soluções, essas soluções podem ser aplicadas através da ferramenta otimizar desempenho. Portando deve se realizar a colheita e conferir se os níveis estão aceitáveis, com isso e possível definir metas de desempenho, quando o alvo e definido a configuração automática está finalizada (Jonh Deere, 2025)

Utilizando os sensores de perda do separador, sensor de perda da peneira, e as câmeras do elevador de grão limpo e do elevador de retrilha, vai detectar se os níveis de perda se deviam do alvo desejado e se ajusta automaticamente parra corrigir o seu desempenho (Jonh Deere, 2025).

O Harvest Smart® trabalha junto com o Auto Maintain® para manter a máxima capacidade da colhedora, quando estiver definido a meta de perdas de grãos, o sistema vai ajustar automaticamente o alvo de potência do motor, para manter os níveis de perdas desejados com a maior eficiência do motor na operação de colheita (Jonh Deere 2025).

O Sistema de Ajuste Automático ao Terreno (ATA), e outro recurso disponível, o qual vai melhorar o desempenho da máquina ao colher em condições de aclive e declive, para reduzir a perda de grãos e manter a qualidade do grão. Permitindo que o ventilador de limpeza, peneira superior e inferior se ajustem automaticamente durante a colheita, controlando a velocidade do ventilador, abertura das peneiras superior e inferior (Jonh Deere, 2025).

Com esse conjunto de sistemas e de ajustes automáticos, o Combine Advisor busca melhorar o desempenho operacional e reduzir as perdas e aumentar a qualidade de grãos independente do operador que está na colhedora no momento da colheita.

5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PERDAS.

Para analisar as perdas, segundo Mesquita et al (1998), deve-se usar uma armação de 2 m² para a cultura da soja, feita com as seguintes medidas: Largura da plataforma de colheita x outra medida Y. Após a passagem da colhedora, coletar os grãos soltos que estão no solo e os grãos que estão nas vagens (Soja). não debulhados, dentro da armação. Fazer a pesagem do material coleta e estimar para 1 hectare.

Também é possível utilizar outras metodologias de análise de perdas de grãos. Entre as diferentes metodologias utilizadas, o copo medidor volumétrico, que formado por recipiente cilíndrico, feito de plástico, transparente, mas que não deixa que se altere o volume. Com fácil visualização do nível dos grãos no seu interior Silveira *et al*, (2019). O mesmo ainda possui uma escala graduada, que está impressa no copo de 11 sacos de 60 kg ha^{-1}, que possibilita quantificar rapidamente a amostra de grãos coletadas, em uma área, que obedece aos critérios propostos por Mesquita *at al* (1998).

Outro método não tão utilizado na cultura da soja para análise das perdas de grãos durante a colheita, é o que utiliza armações quadradas de tamanho conhecido, assim são utilizadas armações de metal quadrada, com 0,5 m de lado, o que representa uma área de 0,25 m², de acordo com Syrio (2017). Posteriormente se obtém a massa presente na armação, e extrapola o valor para perdas em Kg por hectare.

6 MATERIAL E MÉTODOS.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.

O trabalho foi conduzido na propriedade Fazenda Palma, localizada no município de São Nicolau, situada entre as coordenadas de 28°19'33.7"S e 55°03'46.7"W. De acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger, o clima da localização é classificado como Cfa (clima subtropical úmido).

6.2 MANEJO DA CULTURA.

A cultivar de soja implanta na área foi MONSOY® 6202 I2x, no dia 12 de janeiro de 2025, em área com irrigação, por aspersão do tipo pivô central. A operação de colheita, e a coleta dos dados foram realizados no dia 13 de maio e 14 de maio de 2025, resultando em um ciclo de cultivo de 121 dias, com uma população de 9,45 plantas por metro, totalizando uma população de 210.000 mil plantas por hectare, obtendo uma produtividade de 70 sacas por ha^{-1}.

6.3 DELINEAMENTO UTILIZADO.

O delineamento experimental utilizado foi do tipo inteiramente casualizado (DIC) de modo fatorial 2 (combine advisor®: ligado e desligado) x 2 (dois dias de operação de colheita) com 7 repetições, totalizando 28 unidades experimentais. Onde as amostras foram coletadas na condição plana do terreno.

6.4 COLHEDORA UTILIZADA.

A operação de colheita da cultura foi realizada com uma colhedora de grãos da marca John Deere ®, modelo S780, equipada com uma plataforma 740 FD, com comprimento de 12,3 m ou 40,5 pés, com sistema Draper. Equipada com sistema combine advisor® que por meio de câmeras posicionadas nos elevadores de trilha e retrilha, sensores e com auxílio da inteligência artificial, possibilita a sua auto regulagem da velocidade de deslocamento na operação, rotação do rotor, abertura de côncavo e o sistema de limpeza em função da qualidade dos grãos (grãos quebrados), impureza e quantidade de perdas de grãos nos sistemas internos (trilha, separação e limpeza) (Jonh deere®, 2025).

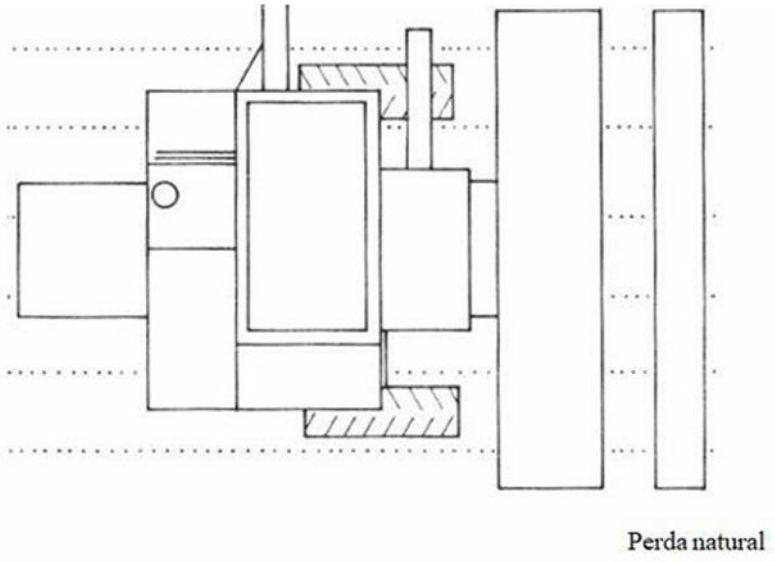
Onde antes da ativação do Combine Advisor®, as configurações de regulagens eram de 21 mm de abertura da peneira superior, 11 mm de abertura da peneira inferior, a rotação do

ventilador do sistema de limpeza era de 970 rpm, a rotação do cilindro era de 500 rpm, e a abertura do concavo em relação ao cilindro era de 21 mm.

6.5 AVALIÇÃO DAS PERDAS NATURAIS.

Para determinar as perdas naturais foi elaborada uma armação retangular de 2 m², seguindo as especificações de Mesquita (1979), conforme na Figura 1, com 12 metros de largura e 0,17 m de comprimento, de acordo com as dimensões da plataforma de corte da colhedora utilizada, mantendo- se o tamanho das amostras. Armação foi posicionada na frente da colhedora, e antes da sua passagem foram coletadas as vagens ou grãos soltos sobre o chão, e vagens abaixo da altura de corte da plataforma.

Figura 1 Amostragem das perdas naturais de grãos de soja.



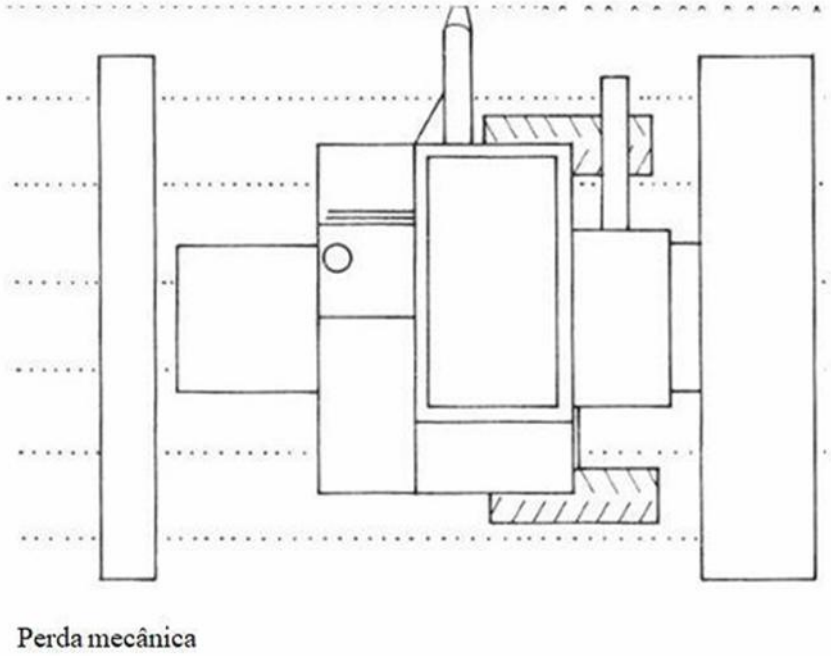
Fonte: Mesquita *et al* (1979).

6.6 AVALIAÇÃO DAS PERDAS TOTAIS DE GRÃOS.

Para verificar as perdas de grãos de soja da colhedora (Sistemas de separação e limpeza), foi utilizado uma armação retangular, com uma área de 2 m², com 12,3 metros de largura e 0,17 m de comprimento, seguindo a metodologia descrita por Mesquita et al (1998). Estas medidas sendo foram ajustadas de acordo com a plataforma de corte utilizada na operação de colheita. A armação foi colocada em área já colhida, transversalmente as linhas de semeadura conforme

a Figura 2 e foram coletados todas as vagens e grãos soltos dentro da armação, para obter as perdas em quilos por hectare.

Figura 2 Amostragem das perdas de grãos de soja de origem mecânicas.



Fonte: Mesquita *et al* (1979).

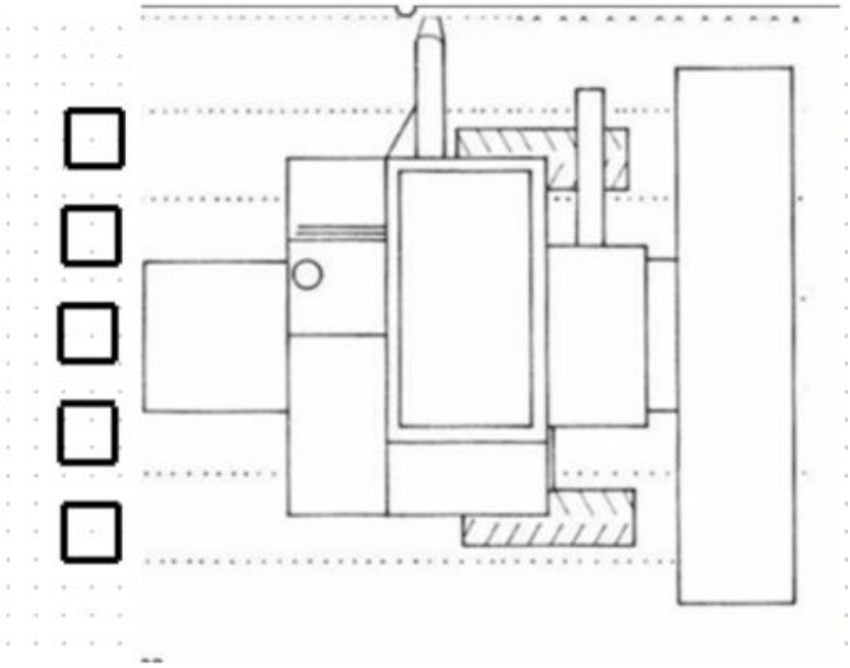
6.7 AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS DE SOJA NOS MECANISMOS INTERNOS COM METODOLOGIA ALTERNATIVA.

Para quantificar as perdas nos mecanismos internos da colhedora pelo método alternativo, foram fabricadas cinco armações quadradas de ferro com tela no fundo, conforme a metodologia sugerida por Syrio (2017).

Essas armações, com área interna de 0,25 m² cada, foram posicionadas no solo após a passagem da plataforma de corte e antes que a colhedora despejasse a palha de seu sistema de trilha e limpeza. Este procedimento permite isolar as perdas geradas pelos mecanismos internos da colhedora, uma vez que os grãos coletados sobre as telas não são influenciados pelas perdas originadas na plataforma.

O posicionamento seguiu o seguinte arranjo: duas armações de cada lado da colhedora, entre o rodado e a extremidade da plataforma, e uma quinta armação centralizada entre os rodados, conforme ilustrado na Figura 3. Todos os grãos e vagens contidos dentro da área de cada quadrado foram coletados. Posteriormente, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão.

Figura 3 Disposição das armações de 0,25m², para análise de perdas de grãos de soja durante a colheita utilizando metodologia alternativa.



Fonte: Adaptado Mesquita et al (1979).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura da soja na área experimental apresentou produtividade de 4.230,6 kg ha^{-1}, demonstrando bom potencial produtivo. A umidade média dos grãos de soja, durante a operação de colheita, foi 12,85% no dia 13/05 e 12,65% no dia 14/05, valores próximos aos recomendados por Silveira et al. (2019) para minimização de danos mecânicos e perdas.

7.1 PERDAS NATURAIS

Foram realizadas avalições de perdas naturais, e não foram constatados a presença de grãos de soja sobre o solo antes da realização da colheita. Isso indica que a colheita da cultura foi realizada no momento certo, sem nenhum atraso que pudesse ocasionar a senescência natural das vagens (Aguila, Aguila e Theisen, 2011). Também é um indicador, que não ocorreram fenômenos naturais, chuvas de granizo, chuvas torrenciais ou ventos fortes, na fase final da cultura de acordo com Silveira *et al*, (2019), o que resultaria em perdas para o produtor.

7.2 PERDAS DE GRÃOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA DA SOJA

Com base na Tabela 1, a análise de variância (ANOVA), pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, das perdas de grãos de soja demonstrou que o Fator 1 (diferentes dias de colheita) não foi estatisticamente significativo. Este resultado sugere que as variações ambientais ocorridas entre o dia 13/05 e 14/05 não tiveram efeito mensurável nas perdas da máquina.

Tabela 1 Analise de variância das perdas de grãos de soja (kg ha^{-1}) durante a operação de colheita com o CA desligado e ligado, em dois dias diferentes de colheita.

FV	GL	SQ	QM	F
Fator 1: diferentes dias de colheita (13/05 e 14/05)	1	11,57	11,57	0,2 ns
Fator 2: Combine Desl. E Lig	1	298,09	298,09	5,08 *
Interação F1 x F2	1	3,4	3,4	0,06 ns

Tratamentos	3	313,06	104,35	1,77 ns
Resíduo	24	1408,81	58,7	
Total	27	1721,87		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)
Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Em contrapartida, o Fator 2 (Combine Advisor® –Desligado e Ligado) apresentou diferença. Este resultado é crucial, pois indica que o sistema de autorregulação interferiu de maneira significativa no nível de perdas internas da colhedora.

A interação entre os fatores (Dias de colheita e Combine Advisor®) não foi significativa o que permite analisar os efeitos principais dos tratamentos (Fator 2) de forma isolada, sem que a diferença entre os dias influencie o efeito do sistema.

7.2.1 Médias de perdas de grãos de soja na operação de colheita em dois dias.

O fator 2 (diferentes dias de colheita) não apresentou diferença na ANOVA, onde foi obtido valores médios das perdas de grãos de soja, de 22,79 Kg por hectare no dia 13 de maio, e 21,50 Kg por hectare no dia 14 de maio.

As quantidades médias de perdas de grãos de soja, encontrados neste estudo, estão em um nível considerado muito baixo quando comparados aos padrões de tolerância. Os resultados estão abaixo do limite de 60 kg ha^{-1} (ou 1 saca ha^{-1}) considerado o nível máximo por Silveira et al., (2019). Essa baixa quantidade de perdas de grãos de soja registrada neste experimento demonstra a eficiência da colhedora utilizada (John Deere S780 com plataforma Draper). Essa eficiência é corroborada ao se comparar os resultados com outros estudos: Holtz et al. (2021), por exemplo, ao avaliar colhedoras New Holland na colheita da soja, obteve perdas médias de 35,43 kg ha^{-1} para a plataforma Draper e 45,22 kg ha^{-1} para a plataforma helicoidal. Assim, os valores obtidos neste trabalho são inferiores a essas referências, confirmando que a operação de colheita foi conduzida em condições de máxima eficiência operacional, tanto pela qualidade da máquina quanto pela umidade ideal do grão que foi de 12,85% no dia 13/05, e no dia 14/05

foi de 12,65 %, valores próximos aos indicados por Silveira (2019), que indica a colheita quando os grãos atingem o teor desejável de 13% - 15% de umidade.

7.2.2 Médias de perdas de grãos de soja na operação com Combine Advisor® ligado e desligado.

Os dados referentes às perdas totais de grãos de soja durante a colheita são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Média das perdas de grãos de soja em (kg ha^{-1}) em operação com o Combine advisor desligado e Combine Advisor® ligado.

	Perdas de grãos (Kg em ha^{-1})
Combine Advisor® DESLIGADO	25,41 a
Combine Advisor® LIGADO	18,88 b
MG	23,13
CV (%)	34,59

Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A utilização do sistema Combine Advisor® (CA) promoveu uma redução nas perdas totais de grãos de soja. A comparação de médias confirmou a diferença entre os tratamentos uma vez que as perdas com o CA desligado foi de 25,41 kg ha^{-1}, superior à média observada com o sistema ligado, que registrou 18,88 kg ha^{-1}. O acionamento do sistema CA resultou em uma redução absoluta de 6,53 kg ha^{-1} nas perdas de grãos de soja, o que representa uma redução percentual de 25,68 %. Este resultado demonstra que a autorregulação contínua dos sistemas de trilha, separação e limpeza – feita em tempo real pelo CA, em função da condição da lavoura, é superior à regulagem estática ou manual executada antes da operação.

O Coeficiente de Variação de 34,59 %, pode ser justificado por se tratar de um trabalho realizado em campo, onde as amostras não são homogêneas. Outros trabalhos avaliando as perdas de colhedoras na colheita da soja, a campo também apresentaram um coeficiente de variação mais elevado, como no trabalho realizado por Syrio (2017), que apresentou um cv de 54,15%, já Rener (2023), obteve o cv de 31,59 %, e Compagnon (2012) teve um cv de 64,23%.

7.3 PERDAS DE GRÃSO DE SOJA NOS MECANISMOS INTERNO DA COLHEDORA UTILIZANDO METODOLOGIA ALTERNATIVA.

Pela análise de variância (ANOVA), pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade não houve diferença significativa nas perdas de grãos de soja nos mecanismos internos considerando os fatores diferentes dias de operação, e combine advisor® desligado e combine advisor ligado, quando utilizado a metodologia alternativa de avaliação, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 Analise de variância das perdas de grãos de soja (kg ha^{-1}), nos mecanismos internos, durante a operação de colheita com o CA desligado e ligado, em dois dias diferentes de colheita.

FV	GL	SQ	QM	F
Fator 1 Dias diferentes de colheita 13/05 e 14/05.	1	9,51808	9,51808	0,8657 ns
Fator 2: Combine Advisor® Desl. e Lig.	1	7,41055	7,41055	0,6740 ns
Interação F1 x F2	1	32,19301	32,19301	2,9281 ns
Tratamentos	3	49,12164	16,37388	1,4893 ns
Resíduo	24	263,86615	10,99442	
Total	27	312,98779		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

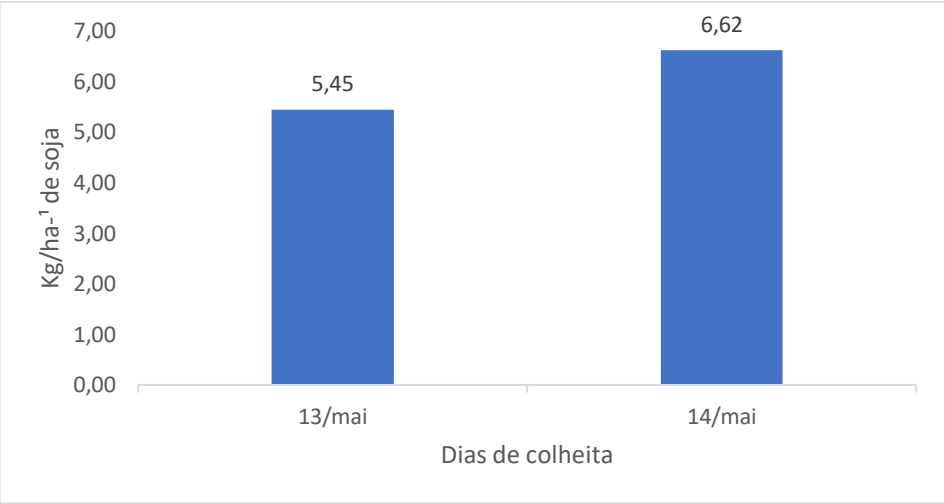
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: elaborada pelo autor (2025).

No Gráfico 1, são apresentados os valores de perdas de grãos nos diferentes dias de operação de colheita.

Gráfico 1 Média das perdas de grãos de soja (Kg ha-¹), em função dos diferentes dias de colheita.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A média de perdas de grãos de soja, quantificada pela metodologia alternativa foi de 6,04 kg ha-¹ e a observada pelo método padrão foi de 23,13 kg ha-¹. A diferença pode ser explicada pela hipótese de que a ação dos espalhadores de resíduos da colhedora, ao lançar o material no campo, expulsa os grãos com velocidade, fazendo com que saltem para fora da área delimitada dos quadros amostrais. Consequentemente, o método alternativo subestima a perda real. A coleta de grãos sobre os quadros não indicou a presença de perdas provenientes da plataforma. Este resultado favorável se deve à combinação de fatores operacionais ideais, como o ponto de umidade do material colhido estar próximo à faixa ideal (12%) e o uso de uma plataforma Draper, que é conhecida por minimizar perdas, fato que foi provado em um estudo realizado por Sulzbach (2024), que concluiu que as plataformas Draper geram perdas menores do que se comparadas com as plataformas de caracol, o qual obteve resultados que mostram que com a plataforma draper, obteve perdas em valores a cerca de 36,44% menores do que em comparação com a plataforma de corte caracol.

Ao analisar os valores do CV das diferentes metodologias utilizadas, a metodologia padrão descrita por Mesquita *et al* (1998), apresentou um CV menor, sendo ela mais confiável para análise das perdas de grãos de soja, de uma colhedora durante a operação de colheita, em relação a metodologia descrita por Syrio (2017).

A comparação dos Coeficientes de Variação (CV) entre as metodologias, conforme a Tabela 4, é importante para determinar a precisão e a confiabilidade dos dados coletados.

Tabela 4 Coeficientes de Variação, dos dados dos diferentes métodos de avaliação de perdas de grãos pela colhedora utilizados no trabalho.

Coeficiente de Variação dos diferentes métodos de avaliação.	
Metodologia	CV %
Padrão	34,59
Descrita por Syrio	54,90

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Ao analisar os valores, observa-se que a metodologia padrão (MESQUITA *et al*. 1998) apresentou um (CV) menor (34,59 %) em comparação com a metodologia descrita por Syrio (2017), (54,90 %). Um menor CV indica uma menor dispersão dos dados em torno da média e, consequentemente, uma maior precisão e confiabilidade estatística do método. Dessa forma, a metodologia padrão é considerada mais robusta e fidedigna para a análise das perdas de grãos de soja em colhedoras durante a operação de campo, uma vez que o alto CV do método alternativo compromete sua capacidade de detectar diferenças reais entre os tratamentos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o trabalho foi realizado conclui-se que:

- O sistema Combine Advisor® (CA) é significativo na redução das perdas de grãos de soja na operação de colheita.

- O uso do CA reduz as perdas totais de grãos de soja em 25,68%, comprovando sua eficiência na automação das regulagens da colhedora.

- A perda média de grãos de soja com o CA ligado é estatisticamente inferior à perda de grãos de soja com o sistema desligado.

A metodologia de avaliação de perdas de grãos na operação de colheita proposta por Mesquita (1998), que considera área de amostragem de 2 m², apresenta menor Coeficiente de Variação quando comparada, a metodologia descrita por Syrio (2017), que utiliza um quadro de coleta com 0,25 m².

REFERÊNCIAS

AGUILA, L.S.H.; AGUILA, J.A. THEISEN, G. **Perdas na colheita da cultura da soja**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 12p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico 271).

ALVES, Eliseu; MANTOVANI, Evandro Chartuni; DE OLIVEIRA, Antônio Jorge. "Benefícios da mecanização na agricultura". **Agroanalysis**, v. 25, n. 10, p. 38-40, 2005.

ARAÚJO, Marcio Fabio dos Santos. **Colheita da soja**: Análise das plataformas Draper X Caracol. 2018.

BRONSON, E.C.; McDOWELL,T.A. Agricultural harvester with accelerated draper belt unload. **Estados Unidos da América, patente 20100223896**. 09 set 2010. Disponível em: <http://www.google.st/patents/US20100223896> Acesso em: 09 jul .2025.

CAMOLÊS, HS; BAIO, FHR; ALVES, CZ PERDAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS EM COLHEDORAS COM SISTEMAS DE DEBULHAS RADIAL E AXIAL DEPENDENDO DA UMIDADE DOS GRÃOS. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 1, pág. 21–29, 2015. DOI: 10.18011/bioeng2015v9n1p21-29. Disponível em: https://seer.tupa.unesp.br/BIOENG/article/view/238. Acesso em: 9 nov. 2025

DALL´AGNOL, A. **A EMBRAPA SOJA NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DA SOJA NO BRASIL1;** Histórico e contribuições. 2016. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.si.br/infoteca/bitstream/doc/1043614/1/LivroEmbrapaSojadesenvolvimentoBROL.pdf . Acesso em: 22 de abr. 2025.

DELALIBERA, Hevandro Colonhese; POSSAMAI, Edivan José; SILVEIRA, José Miguel. **Monitoramento de perdas na colheita da soja no Paraná**: safra 2022/2023 [livro eletrônico]. Londrina, PR: Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR-Paraná, 2024. Informe Técnico n.º 2. Disponível em: https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/pesquisa/publicacoes/it/002/it02-monitoramento-de-perdas.pdf#page=1.00&gsr=0. Acesso em: 14 nov. 2025

EMBRAPA. **Características da soja.** EMBRAPA Soja. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja Acesso em: 22 de abr. 2025.

EMBRAPA. **Ecofisiologia da soja**. EMBRAPA Soja. 2007. Acesso em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470308/1/circtec48.pdf . Acessado em: 22 de abr. 2025.

EMBRAPA. **Sistemas de produção** 17. EMBRAPA Soja, Londrina, PR 2006. Acesso em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468943 . Acessado em: 22 de abr.2025.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de sementede soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. Disponivel em : https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf . Acessado em 25 abr. 2025.

GAZZONI, D.L; YORINORI, J.T: **Manual De Identificação De Pragas E Doenças Da Soja**. EMBRAPA, Brasília, 1995.

HOLTZ, Vandoir; ALENCAR, Rafael Guimarães de; MASSOLA, Mateus Prolo; JARDIM, Carlos Cesar Silva. Perdas de grãos na colheita mecanizada de soja utilizando plataforma convencional e Draper. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 118–123, 2021. DOI: 10.5327/rcaa.v18i2.3736. Disponível em: https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/3736. Acesso em: 10 out. 2025.

JOHN DEERE Brasil. Combine Advisor. Disponível em: https://www.deere.com.br/pt/pe%C3%A7as-e-servi%C3%A7os/john-deere-upades/combine-advisor/ . Acesso em: 24 jun. 2025.

LAZZAROTTO, Joelsio José; HIRAKURI, Marcelo Hiroshi**. Evolução e perspectivas do desempenho econômico associado à produção de soja nos contextos global e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, p. 46, 2010.

LEMOS, Filipi José Arantes. **MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA**: colheitadeiras axiais e radiais. 2018.

LOPES, A.S; GUILHERME GUIMARÃES, L.R, **Fertilidade Do Solo E Produtividade Agrícola.** 2007. Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~nutricaodeplantas/fertisolo.pdf

MESQUITA, C.M; COSTA, N.P; MANTOVANI, E.C; ANDRADE, J. G. M; FRANÇA NETO, J. B; SILVA, J. G; FONSECA, J. R; PORTUGAL, A. F E SOB, J. B G. MANUAL DO PRODUTOR- **Como evitar desperdícios nas colheitas de soja, do milho e do arroz**. Londrina , PR: EMBRAPA – CNPSo, 1998.

MESQUITA, C. M.; HANNA, M. A. Belt conveyor system to reduce soybean harvester gathering losses. Transactions of the ASAE, v. 22, n. 2, p. 243-0245, 1979.

MINISTÉRIO da Economia. Comex stat. Acesso em: https://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis/4/22299111 . Acessado em: 21 abr. 2025.

MUNCIO COMPAGNON, A.; PEREIRA DA SILVA, R.; TUFAILE CASSIA, M.; GRAAT, D.; APARECIDO VOLTARELLI, M. **Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja**. Scientia Agropecuaria, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 215-223, 2012. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2012.03.03. Disponível em: https://revitas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/84 . Acesso em: 13 sep. 2025.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. SOJA: **Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

OLIVEIRA, F. A. de, SFREDO, G. J., CASTRO, C. D., & Klepker, D. (2007). **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Embrapa Soja. Circular técnica, 50.

PIMENTEL, W. T. **Perdas qualitativas e quantitativas na colheita e armazenagem da soja**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) -UNIC, Rondonópolis, Mato-Grosso, Brasil. 2021.

RENER, C. A. Perdas na colheita da soja em função da velocidade e horário de colheita. **City Farm Fag**, 2023.

RIGH, E, Z; SCHANOSKI, R; WERNER, V. **Perdas na colheita mecanizada de soja** (Glycine max) **no município de Maripá** – PR. 2011. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001100015

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. C.; et al. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, junho 2020. (Sistemas de Produção; n. 17).

SILVA J.G. **Sistemas automotriz**. EMBRAPA Feijão, 2025. Acesso em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/colheita/sistema-de-colheita/colhedora-automotriz . Acessado em 06/11/2025.

SILVEIRA, J.; CONTE, O.; MESQUITA, CDM **Determinação de Perdas de Grãos na Colheita de soja**: Copo Medidor da Embrapa. 2019. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/979883?mode=full , acessado em 22. abr. 2025.

SOARES, Rafael Moreira; GODOY, Cláudia Vieira; SEIXAS, CDS; COSTAMILAN, LM; MEYER, Maurício Conrado; HENNING, AA; ALMEIDA, AMR; YORINORI, José Tadashi; FERREIRA, Léo Pires; DIAS, Waldir Pereira et al**. Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2023.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Circular Técnica nº 33. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. 30 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/551684/1/cirtec33.pdf . Acesso em: 28 jun. 2025.

SULZBACH, Ivan Fabricio. Q**uantificação das perdas na cultura da soja em função das plataformas de corte e da velocidade de deslocamento**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SYRIO, Marina Gonçalves. **METODOLOGIAS PARA ANÁLISES DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA** .2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Disponível em:

https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2940/1/MarinaGoncalvesSyrio.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

THIAGO, L. R. L. de; SILVA, J. M. da. **Soja na alimentacao de bovinos**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003. 6p. (Embrapa gado de Corte. Circular Tecnica, 31).

TSUKAHARA, Rodrigo Yoiti et al. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 08, p. 905-915, 2016.

VIAN, C. E. DE F. et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 4, p. 719–744, dez. 2013.