

CAUSAS E PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO PARA A PERDA DE GRÃOS DE SOJA EM OPERAÇÕES DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NO MATO GROSSO DO SUL

Mateus Boni Dias ⁽¹⁾ (mateus.dias077@academico.ufgd.edu.br), Lucas Rodrigues Deliberador ⁽¹⁾ (lucasdeliberador@ufgd.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Engenharia de Produção/Faculdade de Engenharia (FAEN)

RESUMO: *Estima-se que aproximadamente um terço da produção global de alimentos seja perdido anualmente, ressaltando a necessidade de melhorar as cadeias agroindustriais. Este estudo aborda a problemática das perdas de grãos na produção de alimentos, com foco específico na soja, diante da crescente demanda global e dos desafios associados à segurança alimentar e sustentabilidade econômica. O estudo investigou as principais causas de perdas de grãos de soja durante a produção, identificando fatores como condições climáticas adversas, práticas inadequadas de plantio e controle de pragas. Para isso, foram realizados uma pesquisa exploratória bibliográfica e um estudo de caso com um produtor do Estado do Mato Grosso do Sul. Os resultados enfatizaram a importância da adoção de tecnologias modernas e práticas agrícolas sustentáveis para mitigar essas perdas. Além disso, o trabalho destaca a necessidade de uma abordagem integrada na gestão da cadeia produtiva. As recomendações para a mitigação das perdas de grãos de soja durante as operações de produção incluíram a implementação de programas de formação para operadores e gestores, visando também aumentar a eficiência operacional. Neste contexto, este trabalho oferece importantes implicações gerenciais para gestores agrícolas e sugere direções para pesquisas futuras em diferentes regiões produtoras de soja.*

PALAVRAS-CHAVE: PERDAS DE ALIMENTOS, SOJA, SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA, GESTÃO DA CADEIA AGROINDUSTRIAL, MITIGAÇÃO DE PERDAS.

CAUSES AND MITIGATION PROPOSALS FOR SOYBEAN GRAIN LOSS IN PRODUCTION OPERATIONS: A CASE STUDY IN MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT: *It is estimated that approximately one-third of the global food production is lost annually, highlighting the need to improve agro-industrial chains. This study addresses the issue of grain losses in food production, specifically focusing on soybeans, amidst the growing global demand and challenges related to food security and economic sustainability. The study investigated the primary causes of soybean grain losses during production, identifying factors such as adverse weather conditions, inadequate planting practices, and pest control. To achieve this, a bibliographic exploratory research and a case study with a producer from Mato Grosso do Sul state were conducted. The results emphasized the importance of adopting modern technologies and sustainable agricultural practices to mitigate these losses. Additionally, the study underscores the necessity of an integrated approach in managing the production chain. Recommendations for mitigating soybean grain losses during production operations included implementing training programs for operators and managers to enhance operational efficiency. In this context, this study provides significant managerial implications for agricultural managers and suggests directions for future research in different soybean-producing regions.*

KEYWORDS: FOOD LOSSES, SOYBEANS, AGRICULTURAL SUSTAINABILITY, AGRO-INDUSTRIAL CHAIN MANAGEMENT, LOSS MITIGATION.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, estimulada pelo aumento populacional e pelas mudanças nos padrões alimentares, coloca em evidência a necessidade de otimizar a produção agrícola. As perdas de grãos ao longo das cadeias agroindustriais representam um desafio à segurança alimentar e à sustentabilidade econômica do setor. Estima-se que cerca de um terço da produção global de alimentos seja perdida ou desperdiçada entre o campo e o consumidor final, o que equivale à aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas por ano; valor suficiente para alimentar mais de 2 bilhões de pessoas (PORTER *et al.*, 2016).

As perdas de grãos podem ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, com maior incidência nos estágios de colheita, transporte, armazenamento e processamento. Fatores climáticos adversos, pragas e doenças, práticas agrônômicas impróprias, infraestrutura deficiente e falta de conhecimento técnico por parte dos produtores contribuem para este problema. As perdas de grãos também provocam impactos negativos na segurança alimentar, aumentando os preços dos alimentos e dificultando o acesso a uma dieta adequada. Além disso, elas contribuem para o impacto ambiental, com o aumento da emissão de gases de efeito estufa e o uso excessivo de recursos naturais (LI *et al.*, 2020; DE GORTER *et al.*, 2020).

Neste contexto, mitigar as perdas de grãos na produção agrícola é um desafio que requer uma abordagem holística e integrada. Através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias de produção e armazenamento, capacitação dos produtores em boas práticas agrícolas, manejo integrado de pragas e doenças, técnicas de armazenamento, melhoria da infraestrutura para transporte, armazenamento e comercialização de grãos, e implementação de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas sustentáveis, é possível reduzir significativamente as perdas e contribuir para a segurança alimentar global, a sustentabilidade ambiental e a prosperidade do setor agrícola (ALI *et al.*, 2021; HANSON *et al.*, 2019).

O Mato Grosso do Sul é um dos principais produtores de soja do Brasil, desempenhando um papel importante para a economia agrícola do país. No entanto, uma parcela importante de grãos de soja que é produzida é perdida. Segundo Moraes *et al.* (2005), de 5% a 10% de tudo que é cultivado acaba sendo perdido na propriedade ou durante a armazenagem e/ou transporte. A perda de soja durante a cadeia produtiva em Mato Grosso do Sul é um desafio significativo que impacta não apenas os produtores, mas toda a economia e o ambiente da região (FAGUNDES *et al.*, 2014).

1.1. Objetivos

Diante do problema apresentado, este trabalho teve como objetivo responder as seguintes questões de pesquisa: (1) *Quais são as principais causas de perdas de grãos de soja nas etapas de produção?* (2) *Como mitigar as principais causas de perdas de grãos de soja nas etapas de produção?*

1.2. Justificativa

As perdas e o desperdício de alimentos (PDA's) ao longo da cadeia de suprimentos são um problema em todo o mundo, impactando os pilares sociais, ambientais e econômicos do desenvolvimento sustentável. A perda e o desperdício de alimentos ocorrem ao longo de toda a cadeia de valor agrícola e em todas as fases da produção até chegarem à mesa. Os dados mostram que aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são perdidos e desperdiçados a nível mundial todos os anos, cerca de um terço de todos os alimentos produzidos para consumo humano. As PDA's representam um desafio que requer ações coordenadas em todos os níveis da cadeia de suprimentos, desde a produção até o consumo, para garantir a segurança alimentar, promover a sustentabilidade e mitigar o impacto ambiental associado a esse problema (DELIBERADOR *et al.*, 2018; LIPINSKI *et al.* 2013).

Do ponto de vista econômico, as perdas e desperdícios de alimentos acarretam um ônus significativo para produtores, varejistas e consumidores, resultando em prejuízos estimados 400 bilhões de dólares anualmente (FAO, 2019). No meio ambiente, as PDA's também proporcionam o desperdício de recursos naturais, como água, terra e energia, que foram empregados para a produção de alimentos que são perdidos ou desperdiçados (DELIBERADOR *et al.*, 2018; FAO, 2019).

Em resposta a esses desafios, várias iniciativas e políticas foram propostas em níveis global e nacional para reduzir as perdas e desperdícios de alimentos. A Comissão Europeia, por exemplo, desenvolveu um conjunto abrangente de políticas e estratégias para abordar o problema, conforme detalhado em seu relatório sobre perdas e desperdícios de alimentos. Exemplo disso é a proposição de que os Estados-Membros reduzam o desperdício alimentar em 10% até 2030 (FAO, 2021; FAO, 2023).

As causas das PDA's são diversas e podem acontecer de diferentes formas em cada elo de uma cadeia agroalimentar. Nos estágios iniciais da cadeia, as causas incluem problemas de colheita, armazenamento inadequado, transporte ineficiente, práticas de processamento e embalagem inadequadas etc. O descarte de alimentos nos elos iniciais da cadeia de suprimentos (produção, transporte, armazenagem e processamento) é definido como perda de alimentos (DELIBERADOR *et al.*, 2023).

Em elos finais, que envolvem, principalmente, o consumo por parte das pessoas, as causas podem se dar por datas de validade excessivamente conservadoras, padrões estéticos rígidos, diferentes comportamentos de consumo alimentar etc. Além disso, fatores econômicos, sociais e culturais também influenciam na geração de desperdícios de alimentos em diferentes partes do mundo. O descarte de alimentos nos elos finais da cadeia de suprimentos (distribuição e consumo) é definido como desperdício de alimentos (DELIBERADOR *et al.*, 2018). Este trabalho irá se concentrar nas causas das perdas de alimentos (grãos).

No decorrer de todo o processo produtivo, especialmente nos elos iniciais da cadeia, há uma série de causas que podem levar à perda de grãos. Essas perdas podem ocorrer por diversos motivos, como problemas no plantio, falhas na pulverização de defensivos, erros na colheita mecanizada, problemas no transporte da fazenda até os silos armazenadores e falhas no armazenamento. Para entender melhor esses motivos e como eles afetam a produção de grãos, o Quadro 1 foi elaborado levantando as principais causas de perdas de grãos citadas na literatura.

QUADRO 1. Principais causas de perdas de grãos em operações de produção.

Causas	Definição	Referência
Condições climáticas adversas	Condições adversas desfavoráveis afetam o estabelecimento das sementes e o crescimento inicial das plantas.	(Reed, Bradford e Khanday, 2022)
Qualidade insatisfatória das sementes	Sementes de baixa qualidade resultam em baixa germinação e estabelecimento deficiente das plantas.	(Ghassemi-Golezani e Dalil, 2014)
Fertilidade do solo descoberto	Solo pobre em nutrientes pode limitar o crescimento das plantas e reduzir a produtividade.	(Havlin e Heiniger, 2020)
Gestão ineficiente do plantio	Práticas aplicadas de plantio podem resultar em distribuição irregular das sementes e maior germinação.	(Reed, Bradford e Khanday, 2022)
Competição de plantas	O crescimento de plantas daninhas pode competir por nutrientes, água e luz, diminuindo o rendimento das culturas.	(Park, Benjamin e Watkinson, 2003)
Problemas de umidade no solo	Excesso ou falta de umidade no solo pode prejudicar a germinação, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.	(Soothar <i>et al.</i> , 2021)
Cobertura ineficiente de névoa	Falha em atingir uniformemente os alvos, resultando em áreas não protegidas contra insetos e doenças.	(Gomes e Araújo, 2022)
Tipo inadequado de bico de névoa	Seleção composta do tipo de bico, resultando em distribuição desigual de gotículas e menor cobertura nas folhas.	(Bianchi <i>et al.</i> , 2022)
Aplicação em condições climáticas desfavoráveis	Ventos fortes, chuva ou umidade excessiva que podem causar deriva ou lavagem do produto aplicado, proporcionam uma baixa na sua eficácia.	(Smith, 2022)
Falha na regulagem das máquinas	As limitações das colheitadeiras resultam em perdas de grãos devido à ineficiência das configurações na colheita e ao não manejo dos resíduos.	(Li <i>et al.</i> , 2022)
Colheita em condições climáticas desfavoráveis	Colheita durante chuvas ou ventos fortes aumenta a perda de grãos devido à dificuldade de operação das máquinas e à queda de grãos durante o processo.	(Mesterházy, Oláh e Popp, 2020)
Danos mecânicos durante a colheita	Impactos mecânicos excessivos durante a colheita resultam em danos aos grãos, reduzindo sua qualidade e valor comercial.	(Hou <i>et al.</i> , 2021)

Ineficiência na adaptação das máquinas às condições do campo	Máquinas mal ajustadas para diferentes tipos de solo e condições de cultivo resultam em perdas de grãos devido à falta de eficiência na colheita e no processamento.	(Gummert <i>et al.</i> , 2020)
Falta de manutenção adequada das máquinas	Máquinas com manutenção incorretas apresentam maior probabilidade de falhas mecânicas durante a colheita, causando perdas de grãos devido a interrupções não planejadas e danos às culturas.	(Bomoi <i>et al.</i> , 2022)
Ajustes incorretos da colheitadeira	Configurações convenientes podem aumentar as perdas.	(Agro Bayer Brasil, 2023)

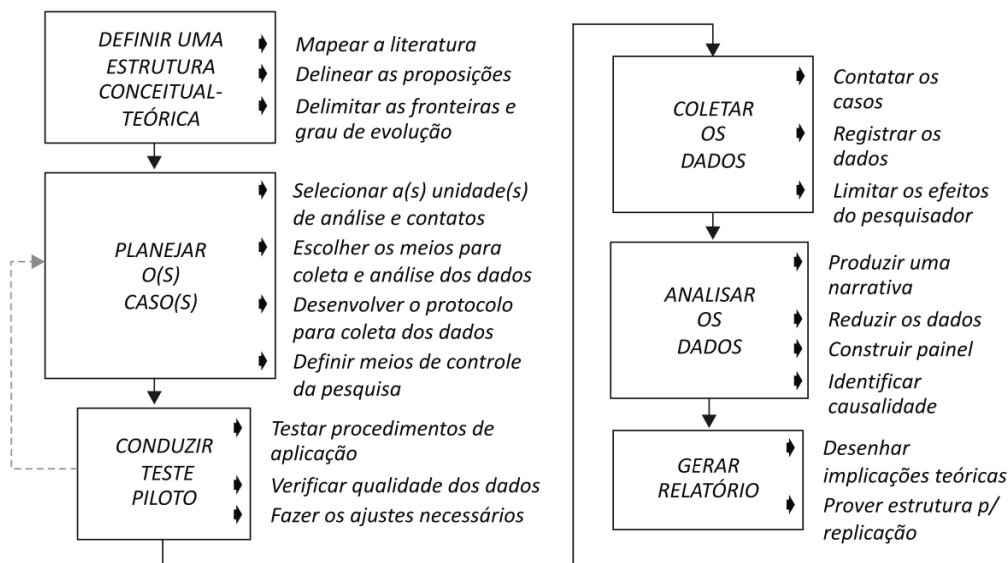
Fonte: elaborado pelos autores (2024).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho, inicialmente foi realizada uma pesquisa exploratória bibliográfica (revisão de escopo), com a finalidade de buscar na literatura científica informações relevantes para alcançar os objetivos propostos. Durante o estudo, foram conduzidas buscas em diversas bases científicas, incluindo: Scopus, Science Direct, Web of Science e Google Scholar. Também foram empregadas informações provenientes de entidades ligadas ao setor agrícola e de órgãos governamentais, como: Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais), Aprosoja Brasil (Associação Brasileira dos Produtores de Soja), MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura). A pesquisa bibliográfica foi conduzida a partir das seguintes palavras-chave: produção de grãos, transporte de grãos, perdas de grãos e armazenagem de grãos.

Em seguida, foi realizado um estudo de caso com um produtor de grãos de soja. Miguel (2007) define o estudo de caso como uma abordagem metodológica focada na observação e análise de fenômenos específicos. Esta técnica é amplamente utilizada na gestão de operações, conforme destacado pelo autor. Yin (2001) acrescenta que o estudo de caso permite a investigação de fenômenos em seus contextos reais. O método aplicado neste trabalho segue as orientações de Miguel (2007), como ilustrado na Figura 1. O processo iniciou-se com a definição de um esboço conceitual teórico, baseado em pesquisa bibliográfica. Posteriormente, foram definidos quais seriam os casos a serem analisados. Após isso, foram feitos testes-piloto com os meios de coleta de dados para assim averiguar se os instrumentos estavam claros e bem direcionados para levantar os dados necessários para a pesquisa. Dessa forma, os instrumentos de coleta de dados foram ajustados para a coleta de dados.

FIGURA 1. Modelo para condução do estudo de caso.



Fonte: Miguel (2007).

O instrumento de coleta de dados foi um questionário semiestruturado (Apêndice), que permite um diálogo entre o pesquisador e o entrevistado com o objetivo de identificar informações e tentar compreender as perspectivas e experiências do entrevistado. A entrevista foi elaborada e desenvolvida com a finalidade de incentivar o participante a falar sobre seus próprios conhecimentos e experiências relacionadas a um tema específico, conforme recomendado por Yin (2010). O questionário aplicado ao produtor foi desenvolvido com base nas principais causas das perdas de grãos citadas no Quadro 1, bem como em observações *in loco* que os autores realizaram em fazendas durante a elaboração deste trabalho. O questionário foi aplicado e a entrevista foi gravada e, posteriormente, transcrita. O propósito central desta técnica é facilitar ao pesquisador a extração de informações, ampliando a compreensão acerca do fenômeno estudado (YIN, 2010).

O estudo foi aplicado com um produtor de soja de Mato Grosso do Sul. O produtor administra terras na região da Grande Dourados e apresenta diferentes áreas produtivas nos municípios de Fátima do Sul e Caarapó. O produtor cultiva unicamente soja durante o verão e milho durante a safrinha. A formação do produto é de nível superior completo, e ele possui tempo de atuação na área de dois anos. A duração da entrevista foi de 22 minutos. Após os dados serem coletados, foi realizada uma análise qualitativa dos questionários para entendimento do problema, comparação de casos, e proposição de soluções práticas e embasadas na literatura para a mitigação do problema apresentado.

3. RESULTADOS

Inicialmente, é importante apresentar como é o processo de produção de soja da unidade analisada. O processo do cultivo da soja se inicia ainda durante o período da cultura do milho (produção agrícola realizada antes da produção de soja), onde as máquinas que serão responsáveis pela correção do solo e as que irão efetuar a plantação da soja são submetidas à uma manutenção corretiva e preventiva para estarem em condições adequadas para o processo de plantio. Logo após a colheita do milho, é iniciada a correção do solo, onde ele é suplementado com fertilizantes químicos e biológicos. Durante esse período, também é feito o manejo preventivo das ervas daninhas para que a taxa de germinação da soja não seja afetada.

Durante a fase de preparação do solo, em que se encontra em curso, procede-se à seleção dos cultivares e à escolha dos fertilizantes a serem empregados durante o plantio. Com o solo devidamente preparado, inicia-se a semeadura da cultura da soja. Nesse intervalo, possíveis ajustes e intervenções corretivas nas máquinas utilizadas são realizados conforme necessário. Ademais, são abordadas estratégias ótimas para o plantio, incluindo a quantidade de plantas por metro quadrado e a profundidade que as sementes serão depositadas.

Após o término do plantio, inicia-se o período de monitoramento e manejo das pragas. Essas etapas ocorrem em simultaneidade, desde o momento da germinação até a colheita. Ao longo do período de crescimento, também são feitas as manutenções e ajustes das máquinas que serão utilizadas para a colheita. Ao observar que a maioria das plantas na área atingiu o estágio de maturação desejado, procede-se à dessecação das mesmas (processo que ocorre com a aplicação de substâncias dessecantes, que têm a capacidade de absorver umidade das plantas), visando à sincronização da maturação de todas as plantas. Finalmente, quando as plantas alcançam um nível específico de teor de umidade, realiza-se a colheita da área cultivada.

O produtor entrevistado possui dois anos de experiência na produção de soja, portanto, pode ser considerada uma experiência relativamente nova. Isto pode ter um impacto no seu nível de familiaridade com as práticas de gestão de conceitos e identificação de problemas. A dispersão geográfica das áreas produtivas em localidades distintas, tais como Dourados, Caarapó e Fátima do Sul, implica em desafios significativos para a eficácia do monitoramento da produção. Essa característica é avaliada com certa atenção e preocupação pelo produtor.

O produtor identifica que problemas mecânicos em plantadeiras e a manutenção inadequada estão entre as principais causas de falha em plantas, principalmente pelo dano mecânico que se pode gerar nas sementes, diminuindo a taxa de germinação das plantas, bem como os atrasos no momento do plantio que são acarretados pelas máquinas paradas durante o plantio. Essa causa é também discutida por Khodabakhshian (2013), que sugere a necessidade de manutenção preventiva das

máquinas agrícolas para garantir uma boa produtividade e minimizar as falhas que possam impactar a densidade e produtividade das plantas.

O produtor também destaca a importância da calibração e ajustes corretos nas colheitadeiras. A calibração envolve ajustar a máquina para garantir que ela trabalhe conforme as especificações para as quais foi projetada. Os ajustes podem envolver modificações baseadas em condições específicas do campo, como a umidade do solo e a maturidade da colheita. A importância da calibração e ajustes apropriados das colheitadeiras para a colheita também são destacados no estudo de Zhou (2021).

De acordo com o entrevistado, as perdas durante a produção dos grãos são causadas também ao longo do crescimento da planta. O produtor considera que as perdas nesta fase correspondem a 80% das perdas de toda a produção, e são majoritariamente atribuídas à seca e ao manejo de pragas. O manejo de pragas é fundamental para evitar perdas significativas de produtividade e qualidade dos grãos, conforme confirmado por outros estudos, como o de Cisneiros *et al.* (2024), que apresentaram o manejo integrado de pragas (MIP) como abordagem de controle. O MIP utiliza uma combinação de técnicas e métodos para manter as populações de pragas abaixo de níveis que causem danos econômicos, minimizando ao mesmo tempo os impactos ambientais (TINOCO; SILVA; ROCHA, 2023).

A estratégia de manejo empregue pelo produtor para o controle das pragas inclui o uso de pulverização, que é uma prática agrícola que envolve a aplicação de produtos químicos que é feita geralmente com o uso de pulverizadores. O método também é descrito no estudo de Tona, Calcante e Oberti (2018), que aborda principalmente a pulverização de precisão e gradagem, que consiste em um processo mecânico que utiliza um implemento chamado grade. Esse implemento pode ser acoplado a tratores que tem como propósito quebrar os torrões de terra, nivelar o solo, controlar ervas daninhas, incorporar fertilizantes ao solo e preparar a o mesmo para a semeadura. Esse método também pode ser encontrado no estudo de Atta-Darkwa *et al.* (2024), que discutem sobre o seu desempenho.

O produtor enfatiza a necessidade de controle preventivo, pois muitas ervas daninhas podem competir pelos mesmos nutrientes que o pé de soja, e a presença dessas ervas daninhas podem prejudicar substancialmente a fase de crescimento da planta. As ervas daninhas causadoras de perdas que foram citadas pelo produtor como as mais corriqueiras são a buva, capim-pé-de-galinha e o capim-amargoso. Essa informação também é corroborada pelos estudos de Ulguim *et al.* (2013), Vargas e Gazziero (2009) e Andreotti *et al.* (2019), que indicam essas plantas daninhas como algumas das que mais podem causar perdas na produção de grãos.

Outras pragas problemáticas são os fungos, que também causam grandes perdas na produção. Um exemplo de fungo citado pelo produtor é a “ferrugem asiática”, que pode causar uma perda de até 90% na produção da área plantada. O fungo provoca a formação de pústulas nas folhas

que, eventualmente, levam à desfolha prematura. Isso reduz a capacidade da planta de realizar a fotossíntese, essencial para o seu crescimento e desenvolvimento. Com menos energia sendo produzida pela fotossíntese devido à perda de folhas, as plantas produzem menos vagens e, conseqüentemente, menos grãos. As perdas causadas por essa praga na cultura da soja também foram abordadas no estudo de Lima *et al.* (2012).

Uma outra praga que também foi citada como uma das grandes causadoras de perdas de produtividade e qualidade da produção de soja é o “percevejo marrom”. Esse inseto se alimenta dos grãos e pode impedi-los de ficarem maduros mesmo com a aplicação de dessecantes. Se a infestação de percevejo marrom for em larga escala, ela pode gerar até a perda total da área produtiva. Cisneiros *et al.* (2024) fazem referência a aplicação do método de manejo integrado de pragas (MIP). Este método é reconhecido por sua capacidade de mitigar os danos ocasionados pelas pragas agrícolas, ao passo que contribui para a redução dos impactos ambientais associados às atividades de controle fitossanitário.

O produtor também destaca a dificuldade de monitoramento adequado da produção. Isso pode ser consequência da extensão da área de cultivo, bem como pelo fato de suas áreas produtivas estarem em locais distantes entre si. Como o processo de monitoramento é feito no solo, o processo demanda tempo demasiado. Uma forma de dinamizar o processo de monitoramento pode ser a adesão de tecnologia, como o uso de drones para monitoramento, o que pode ser uma solução viável para auxiliar na prática do monitoramento. Os drones permitem uma visão mais abrangente e frequente das condições das lavouras, além de não inutilizar o monitoramento em solo, que é importante para a detecção de pragas, como insetos e fungos.

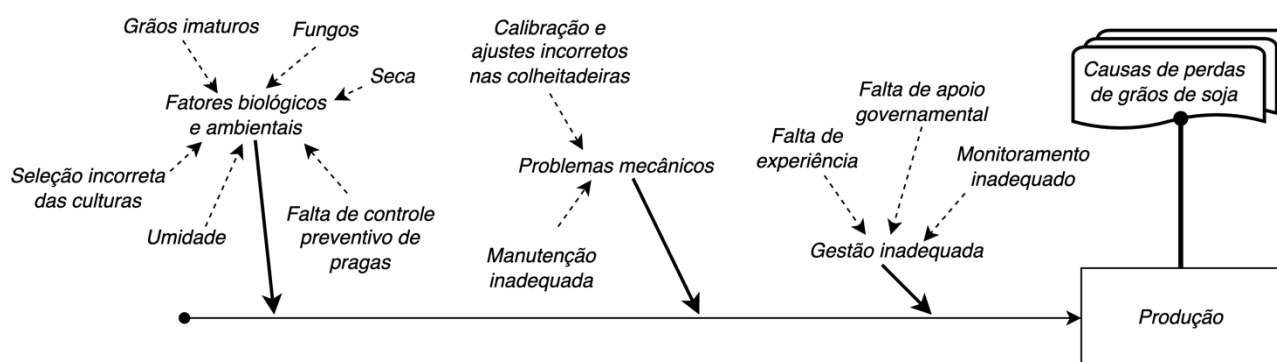
O produtor também menciona a importância de se considerar a maturidade da planta e a umidade dos grãos, que se for muito alta, pode gerar um alto volume de descartes no momento de armazenagem. Quanto maior a umidade do grão, maior será a quantidade de recursos que serão utilizados para a secagem dele. Segundo o produtor, a seleção de culturas adequadas/tolerantes à seca também pode ser decisiva para a diminuição das perdas durante o crescimento.

O entrevistado afirma que não recebe incentivos ou apoio governamental para combater a perda de grãos, e que está aberto a novas informações sobre tecnologias e práticas para reduzir as perdas. Com a entrevista realizada com produtor, foi possível ter um melhor entendimento dos desafios e estratégias de manejo na produção de soja em larga escala. Seu relato enfatiza a necessidade de práticas de manejo adequadas e manutenção preventiva para minimizar perdas, que são temas frequentemente abordados em outros estudos que visam melhorar a eficiência e a sustentabilidade da produção agrícola.

As experiências do produtor reforçam a relevância de abordagens integradas e adaptadas às condições locais, como essenciais para o sucesso da agricultura moderna. Como foi abordado mais

de uma vez pelo entrevistado, o monitoramento adequado pode ser uma prática determinante durante a produção. A Figura 2 ilustra um resumo das principais causas de perdas na produção elencadas no estudo de caso com o produtor. As principais causas identificadas pelo produtor foram categorizadas em três construtos principais: fatores biológicos e ambientais, problemas de ordem mecânica e deficiências na gestão operacional.

FIGURA 2. Principais causas de perdas de grãos de soja em operações de produção.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

3.1. Propostas de mitigação para as perdas de soja durante a produção

Durante a fase de produção, o mau manejo é uma das principais causas das perdas da soja. Para mitigar esta situação, sugere-se que seja implementado um programa de formação contínua para todos os colaboradores. Isto pode ser conseguido através de formação prática no local de trabalho, onde os funcionários aprendem realizando tarefas sob supervisão. Além disso, a formação formal regular, como *workshops* e cursos online, pode ser uma ferramenta importante. Usar técnicas de *coaching*, nas quais funcionários experientes orientam funcionários menos experientes, também pode ser eficaz.

Para uma monitorização adequada, é importante adotar uma rotina rigorosa de acompanhamento da cultura durante o seu crescimento, que pode ser através da adoção de sistemas de base tecnológica (IoT) para recolha e análise de dados em tempo real. Sensores e dispositivos inteligentes podem ser instalados em culturas e equipamentos para monitorar variáveis como umidade do solo e crescimento de plantas. Esses dados são continuamente coletados e analisados, permitindo ajustes rápidos nas práticas de cultivo. O ciclo PDCA (planejar, fazer, verificar, agir) pode ser aplicado para garantir a melhoria contínua. Isso inclui planejar ações, executar ações, revisar resultados e tomar medidas para corrigir problemas identificados.

A falta de apoio governamental pode ser amenizada através de parcerias com associações e cooperativas. Estas organizações podem fornecer apoio técnico e financeiro e ajudam a divulgar oportunidades de financiamento e programas governamentais. Participar de seminários promovidos frequentemente por estas entidades é uma forma de aprender sobre as mais recentes políticas governamentais e novas oportunidades de apoio.

Problemas mecânicos, como manutenção insuficiente, podem ser resolvidos com a implementação de um programa de planejamento e controle de manutenção (PCM). Isto inclui manutenção preventiva regular em um cronograma rigoroso, bem como manutenção preditiva baseada na análise de dados de desempenho do equipamento. Para isso, é útil utilizar um *software* de gestão de manutenção, que pode colaborar a monitorar o estado e o histórico de manutenção dos equipamentos. *Checklists* de inspeção diária são importantes para identificar e corrigir problemas antes que causem falhas significativas.

A calibração e o ajuste inadequados em colheitadeiras exigem um programa rigoroso de calibração e ajuste do equipamento. Nesse contexto, os operadores precisam ser continuamente treinados sobre a importância da calibração adequada e receber um manual detalhado de procedimentos padrão. Esses manuais devem explicar passo a passo como fazer as calibrações e ajustes necessários, garantindo que todos os operadores sigam os mesmos padrões.

Fatores biológicos e ambientais também causam perdas. A colheita de grãos imaturos pode ser evitada controlando rigorosamente o ciclo de crescimento. Para isso, podem ser utilizados métodos enxutos, como o *just-in-time*, que permite que as fases de plantio e colheita possam ser planejadas e executadas no momento ideal. O controle preventivo de pragas deve ser integrado, incluindo monitoramento regular, uso de pesticidas biológicos e práticas culturais adequadas. Treinamentos periódicos sobre técnicas de controle de pragas são efetivos para manter a equipe atualizada sobre as melhores práticas. Adotar um programa MIP pode ajudar a reduzir a dependência de pesticidas químicos, utilizando métodos biológicos e culturais para controlar as pragas.

A seca pode ser mitigada através da implementação de sistemas de irrigação como a utilização de pivôs de irrigação e de medidas de conservação de água, tais como a utilização de cobertura morta. A cobertura morta consiste em plantar uma cultura, por exemplo a braquiária, para que o solo não fique desprotegido e perca nutrientes. O monitoramento das previsões meteorológicas pode colaborar no ajuste das práticas de irrigação com antecedência para evitar secas prolongadas.

As técnicas de planejamento e controle da produção (PCP) podem ser utilizadas para ajudar na seleção correta de culturas e planejar as rotações das mesmas de forma otimizada, tendo em conta as condições ambientais do local e do solo em que será cultivada a soja. A realização de um teste de solo pode permitir o ajuste das seleções de culturas com base nos resultados, garantindo que as plantas escolhidas sejam adequadas às condições específicas da área de cultivo. As perdas

geradas por fungos podem ser combatidas aplicando-se fungicidas preventivamente e monitorando continuamente as condições ambientais que favorecem o seu crescimento.

Na produção de grãos, especialmente soja, a metodologia Lean pode ser aplicada para melhorar a produtividade e reduzir desperdícios. A metodologia Lean é uma abordagem de gestão que visa maximizar o valor para o cliente enquanto minimiza desperdícios. Desenvolvida inicialmente pela Toyota após a Segunda Guerra Mundial, o Lean se concentra em eliminar processos que não agregam valor e em melhorar continuamente as operações. A Toyota implementou esses métodos, que se tornaram conhecidos como o Sistema Toyota de Produção (TPS), para melhorar a eficiência e qualidade na produção de veículos, reduzindo desperdícios e otimizando processos. Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, é amplamente reconhecido como o criador deste sistema (STONE, 2012).

As principais ferramentas do Lean incluem o 5S, que organiza e limpa o ambiente de trabalho para melhorar a produtividade; o *Kaizen*, que promove a melhoria contínua; o *Just-in-Time* (JIT), que ajusta a produção conforme a demanda para minimizar estoques; o *Kanban*, um sistema visual para controle de fluxo de trabalho; o *Value Stream Mapping* (VSM), que mapeia o fluxo de valor para identificar e eliminar desperdícios; e o *Poka-Yoke*, que são dispositivos à prova de erros para evitar defeitos (PSOMAS, 2021).

A organização de equipamentos e áreas de armazenamento através do 5S pode aumentar a eficiência. O *Just-in-Time* na colheita pode contribuir no planejamento da colheita e do transporte, para reduzir o tempo de armazenamento e evitar a degradação dos grãos. Sistemas visuais de *Kanban* podem gerenciar estoques de sementes, fertilizantes e pesticidas, enquanto práticas de *Kaizen* podem implementar a melhoria contínua para otimizar o uso de recursos. O mapeamento de todo o processo de produção, com o VSM, pode colaborar para identificar e eliminar atividades que não agregam valor.

Neste contexto, também é possível abordar o que é conhecido como *Lean Farm*, que é uma adaptação dos princípios do *Lean* para a agricultura, visando diminuir as perdas das operações agrícolas. Ben Hartman, precursor desse conceito, aplicou esses princípios em sua fazenda de um acre, aumentando a produtividade e os lucros ao mesmo tempo que reduzia a área cultivada. Ao focar em eliminar desperdícios e otimizar processos, ele conseguiu tornar sua pequena propriedade mais rentável do que fazendas maiores. Hartman relata que a implementação de um sistema de colheita baseado em pedidos específicos via mensagens de texto permitiu entregar produtos frescos de forma mais eficaz, eliminando a necessidade de grandes estoques e desperdícios associados (HARTMAN, 2015).

O estudo de Ussuna (2020) exemplifica de forma clara como o *Lean Farm* pode ser aplicado com sucesso no ramo agrícola. Os resultados do estudo mostraram melhorias significativas na eficiência do manejo de ordenha, aumento da qualidade do leite e redução de custos operacionais.

Outro exemplo de aplicação é o estudo de Araújo (2023), que mostrou melhorias significativas na eficiência operacional das máquinas, aumento da disponibilidade das máquinas e otimização dos processos internos de gestão e manutenção e, como consequência, não apenas reduziram os custos operacionais, mas também aumentaram a produtividade e a competitividade da fazenda. O Quadro 2 ilustra um resumo das principais propostas para a mitigação das causas de perdas na produção elencadas no estudo de caso com o produtor.

QUADRO 2. Propostas de mitigação de perdas de grãos em operações de produção.

Causas de perdas	Propostas mitigação
Manejo ineficiente	Formação contínua para todos os colaboradores.
Falta de monitoramento	Rotina rigorosa de acompanhamento.
	Ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Verificar, Agir).
Falta de apoio governamental	Parcerias com associações e cooperativas.
Problemas mecânicos	Programa de planejamento e controle de manutenção (PCM).
Manutenção insuficiente	Utilizar um software de gestão de manutenção.
Calibração e ajuste inadequados em colheitadeiras	Programa rigoroso de calibração e ajuste do equipamento.
Colheita de grãos imaturos	Just-in-time.
Controle de pragas ineficiente	Manejo Integrado de Pragas (MIP).
Seca	Implementação de sistemas de irrigação como a utilização de pivôs.
	Utilização de cobertura morta.
Seleção das culturas	Planejamento e controle da produção (PCP).
Fungos	Aplicações preventivas de fungicidas.
Má gestão	Lean Farm.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

4. CONCLUSÕES

Este estudo investigou as principais causas das perdas de soja nos níveis de produção por meio de um estudo de caso no Estado de Mato Grosso do Sul. O estudo revelou que, durante a fase de produção, as condições climáticas adversas, o plantio inadequado e o controle inadequado de pragas e doenças são fatores de perdas de grãos. Foi possível observar que estas perdas podem ser significativamente reduzidas através de tecnologias apropriadas e da implementação de práticas agrícolas modernas. A gestão eficaz dos recursos naturais e a adoção de estratégias sustentáveis são fundamentais para aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, reduzir as perdas.

É importante enfatizar que as perdas somente poderão ser mitigadas se a cadeia produtiva adotar uma abordagem integrada envolvendo todos os elos; essa medida também tornaria os produtos brasileiros mais competitivos no mercado internacional. Com estas medidas, permite-se não somente reduzir as perdas de grãos, mas também promover uma produção agrícola mais

sustentável e eficiente, que desempenhará um grande papel na segurança alimentar, bem como na garantia da sustentabilidade econômica do setor agrícola brasileiro.

À luz da teoria, esta pesquisa contribuiu significativamente para a literatura científica ao identificar e analisar as principais causas de perdas de grãos de soja durante as etapas de produção. Ao longo do estudo foram discutidos o uso de tecnologias emergentes para melhorar a eficiência e a sustentabilidade da produção agrícola. Esses conceitos ainda são pouco discutidos na literatura, tendo em vista a pouca quantidade de trabalhos publicados voltados para a aplicação de metodologias gerenciais para a diminuição das perdas na cadeia produtiva da soja. Logo, o presente trabalho teve como principal finalidade trazer uma abordagem dessas metodologias, que normalmente são aplicadas em outros ramos para o agronegócio.

Do ponto de vista gerencial, os resultados deste estudo podem ser úteis para o auxílio de gestores e operadores da cadeia produtiva da soja. Eles podem servir como um recurso para aumentar a eficiência de toda a cadeia produtiva. Para minimizar perdas e otimizar o desempenho operacional, é preciso estabelecer estratégias de gestão eficazes e implementar medidas rigorosas de controle de qualidade em todas as etapas de produção. Uma abordagem altamente recomendada é instituir um programa de formação abrangente para os funcionários, centrando-se em equipá-los com as práticas agrícolas e operacionais mais eficazes.

Assim como outros estudos, este trabalho também apresenta algumas limitações. Entre as limitações deste estudo estão as restrições geográficas, que se concentram em uma região específica do estado de Mato Grosso do Sul. Embora os resultados forneçam uma perspectiva importante, eles podem não ser totalmente generalizáveis para aqueles com diferentes agriculturas e outras regiões com características climáticas. As diferenças nas condições climáticas, nas práticas agrícolas e nas infraestruturas entre regiões influenciam a causa e a extensão das perdas alimentares.

Outra limitação é a dependência de dados autorrelatado pelo participante, o que pode introduzir vieses devido à dificuldade do entrevistado em lembrar ou relatar com precisão a causa da perda. Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos em diferentes áreas produtoras de soja para comparar resultados e aumentar a generalização dos resultados. Expandir a pesquisa para outras regiões do Brasil e até mesmo para outros países poderia fornecer uma compreensão mais completa das causas das perdas de alimentos e das melhores práticas para mitigá-las.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho

REFERÊNCIAS

AGRO BAYER BRASIL. Como identificar perdas na colheita da soja? 27 fev. 2023. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/como-identificar-perdas-na-colheita-da-soja>. Acesso em: 05 mar. 2024.

ALI, A. *et al.* Economic and environmental consequences' of postharvest loss across food supply Chain in the developing countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 323, p. 129146, 2021.

ANDREOTTI, E. G. G. *et al.* Alternativas de manejo químico de capim-amargoso na cultura da soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 18, n. 3, p. 668, 2019.

ARAÚJO, T. L. C. Uso da metodologia lean na gestão de peças e manutenção de máquinas em uma fazenda de produção agrícola. 2023. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronegócio Sustentável, Universidade Anhanguera - UNIDERP, Campo Grande, 2023.

ATTA-DARKWA, T. *et al.* Effects of varying tillage practices and weed control methods on the efficacy of infiltration models. *PLOS ONE*, v. 19, n. 1, p. e0293507, 2024.

BIANCHI, L. *et al.* Como solucionar – Deposição de gotas na aplicação de defensivos agrícolas. *Revista Campo & Negócios*, 12 dez. 2022. Disponível em: <https://www.revistacampoenegocios.com.br/deposicao-de-gotas-na-aplicacao-de-defensivos-agricolas/>. Acesso em: 23 dez. 2023.

BOMOI, M. I. *et al.* Sensing Technologies for Measuring Grain Loss during Harvest in Paddy Field: A Review. *AgriEngineering*, v. 4, n. 1, p. 292–310, 2022.

CISNEIROS, A. C. G. *et al.* O manejo integrado de pragas como estratégia de inovação para o desenvolvimento sustentável – um estudo de caso na empresa Monsanto em Petrolina/PE. *Revista Caderno Pedagógico*, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 1-27, 2024.

DE GORTER, H. *et al.* Analyzing the economics of food loss and waste reductions in a food supply chain. *Food Policy*, v. 98, p. 101953, 2021.

DELIBERADOR, L. R. *et al.* Perdas e desperdícios de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos. *South American Development Society Journal*, v. 4, n. Esp01, p. 11, 2018.

DELIBERADOR, L.R. *et al.* Why do we waste so much food? Understanding household food waste through a theoretical framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 419, 2023.

FAGUNDES, M. B. B. *et al.* Impactos da produção de soja na economia de Mato Grosso do Sul. *Revista de Política Agrícola*, v. 23, n. 4, 2014, p. 111-122.

FAO. Crop Prospects and Food Situation – Quarterly Global Report No. 4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2021.

FAO. Crop Prospects and Food Situation – Triannual Global Report No. 3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2023.

FAO. Food loss and waste. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; DALIL, B. Effects Of Seed Vigor On Growth And Grain Yield Of Maize. *Plant Breeding and Seed Science*, v. 70, n. 1, p. 81–90, 2014.

GOMES, G. R.; ARAÚJO, V. C. R. Adjuvantes: benefícios na aplicação de defensivos agrícolas. *Revista Campo & Negócios*, 12 dez. 2022. Disponível em: <https://www.revistacampoenegocios.com.br/adjuvantes-beneficios-na-aplicacao-de-defensivos-agricolas/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

GUMMERT, M. *et al.* Assessment of post-harvest losses and carbon footprint in intensive lowland rice production in Myanmar. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 19797, 2020.

HANSON, C. Reducing food loss and waste: 10 interventions to scale impact. In: VON BRAUN, J.; SÁNCHEZ SORONDO, M.; STEINER, R. (Eds.). *Reduction of Food Loss and Waste: Proceedings of a Conference held at Casina Pio IV, Vatican City, November 11-12, 2019*. Vatican City: *Libreria Editrice Vaticana*, 2020. p. 73-78.

HARTMAN, B. *The Lean Farm: How to Minimize Waste, Increase Efficiency, and Maximize Value and Profits with Less Work*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 2015.

HAVLIN, J.; HEINIGER, R. Soil Fertility Management for Better Crop Production. *Agronomy*, v. 10, n. 9, p. 1349, 2020.

HOU, L. *et al.* In-field harvest loss of mechanically-harvested maize grain and affecting factors in China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 14, n. 1, p. 29–37, 2021.

KHODABAKHSHIAN, R. Maintenance management of tractors and agricultural machinery: Preventive maintenance systems. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2013, 15, 147–159.

LI, B. *et al.* Food waste and the embedded phosphorus footprint in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 252, p. 119909, 2020.

LI, D. *et al.* Analyzing Rice Grain Collision Behavior and Monitoring Mathematical Model Development for Grain Loss Sensors. *Agriculture*, v. 12, n. 6, p. 839, 2022.

LIMA, W. F. *et al.* Resistência da soja à ferrugem-asiática avaliada pela análise da produtividade de grãos. *Summa Phytopathologica*, v. 38, n. 1, p. 73–78, 2012.

LIPINSKI, B. *et al.* *Reducing Food Loss and Waste*, World Resources Institute, 2013.

MESTERHÁZY, Á.; OLÁH, J.; POPP, J. Losses in the Grain Supply Chain: Causes and Solutions. *Sustainability*, v. 12, n. 6, p. 2342, 2020.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Production*, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

MORAIS, H. M. M.; MAYORGA, M. I. O.; CASIMIRO FILHO, F. Análise de custo social das perdas no processo produtivo da banana no município de Mauriti-CE. In: Congresso da SOBER, 43., 2005, Ribeirão Preto, SP. Anais [...].

PARK, S. E. The Theory and Application of Plant Competition Models: an Agronomic Perspective. *Annals of Botany*, v. 92, n. 6, p. 741–748, 2003.

PORTER, S. D. *et al.* A half-century of production-phase greenhouse gas emissions from food loss & waste in the global food supply chain. *Science of The Total Environment*, v. 571, p. 721–729, 2016.

PSOMAS, E. Future research methodologies of lean manufacturing: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 12, n. 6, p. 1146–1183, 2021.

REED, R. C.; BRADFORD, K. J.; KHANDAY, I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, v. 128, n. 6, p. 450–459, 2022.

SMITH, M. How Weather Affects Pesticide Applications. Citrus Industry Magazine, 2022. Disponível em: <https://citrusindustry.net/2022/05/02/how-weather-affects-pesticide-applications/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SOOTHAR, R. K. *et al.* Effect of different soil moisture regimes on plant growth and water use efficiency of Sunflower: experimental study and modeling. *Bulletin of the National Research Centre*, v. 45, n. 1, p. 121, 2021.

STONE, K. B. Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 3, n. 2, p. 112–132, 2012.

TINOCO, T. J.; DA SILVA, P. L.; DA ROCHA, A. P. S. Manejo integrado de pragas e doenças em sistemas agrícolas. *Revista Contemporânea*, v. 3, n. 11, p. 22675–22697, 2023.

TONA, E.; CALCANTE, A.; OBERTI, R. The profitability of precision spraying on specialty crops: a technical–economic analysis of protection equipment at increasing technological levels. *Precision Agriculture*, v. 19, n. 4, p. 606–629, 2018.

ULGUIM, A. R. *et al.* Manejo de capim pé-de-galinha em lavouras de soja transgênica resistente ao glifosato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 1, p. 17-24, 2013.

USSUNA, G. A. Ferramentas Lean na eficiência do processo de manejo de ordenha em propriedades rurais familiares. 2020. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Tupã, 2023.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de buva resistente ao glifosato. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e Métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHOU, D. *et al.* Model Study on the Combination of Operating Parameters of Corn Kernel Harvesters. *Applied Sciences*, v. 11, n. 21, p. 10328, 2021.

APÊNDICE: QUESTIONÁRIO COM O PRODUTOR RURAL

1. Qual é o seu nome e a localização da sua propriedade rural?	
2. Há quanto tempo você trabalha com a produção de soja?	
3. Em qual faixa o tamanho da sua área de cultivo de soja se encaixa?	
• De 1 a 100 alqueires. • De 100 a 500 alqueires. • Mais de 500 alqueires.	
4. Quais são os principais tipos de perdas de grãos de soja que você observa na sua produção?	
Exemplos:	
• Perdas no plantio (ex.: falhas de germinação, ataque de pragas). • Perdas durante o crescimento (ex.: doenças, plantas daninhas, estiagem). • Perdas na colheita (ex.: grãos quebrados, perdas por má calibração das colhedoras etc.).	
5. Nos últimos 5 anos, em qual etapa da produção você mais observou perdas?	• Plantio: _____ • Crescimento: _____ • Colheita: _____
6. Quais são as principais causas de perdas que você observa durante o plantio?	
7. Em sua opinião, por quais motivos elas ocorrem?	
8. Como você decide o momento do plantio?	
9. Quais são os principais insetos e ervas daninhas que afetam a sua produção de grãos de soja e acabam por gerar perdas?	
10. Em sua opinião, por que motivos elas ocorrem?	
11. Quais métodos você utiliza para controlar as pragas?	
12. Quais os principais desafios que você enfrenta no manejo de pragas?	
13. Como você decide o momento de controlar as pragas, tanto insetos quanto plantas daninhas?	
14. Durante a colheita qual o principal motivo de perdas de grãos de soja que você observa?	
15. Como você decide o momento da colheita?	
16. Quais medidas você acredita que podem ser tomadas para reduzir as perdas de grãos de soja na sua produção?	
17. Você recebe algum incentivo ou ajuda dos órgãos governamentais para a diminuição de perdas durante a produção de soja?	
18. Você tem interesse em receber informações sobre novas tecnologias e práticas para reduzir as perdas de grãos de soja?	
19. Você gostaria de fazer algum comentário adicional sobre as perdas de grãos na sua produção?	