

ANÁLISE DE SENSOR DE ÂNGULO PARA REDUÇÃO DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA

NALON, Jairo Ribeiro¹

FERNANDES, Ederson Carvalhar²

RESUMO

Como a soja é uma cultura totalmente mecanizada, geralmente ocorrem perdas durante a colheita. Essas perdas são influenciadas tanto por fatores inerentes à cultura quanto por fatores relacionados às colhedoras. Apesar do setor de máquinas agrícolas estar em um forte ciclo de desenvolvimento tecnológico os agricultores ainda experienciam altas taxas de perdas de grão. Este estudo teve como objetivo geral analisar os desafios e contribuições do uso do sensor de ângulo na redução de perdas na colheita mecanizada. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica abrangente para coleta de informações relevantes sobre o tema. Os resultados revelaram que o ajuste adequado da altura de corte das plantas, o controle da velocidade de avanço da colheitadeira e o monitoramento da eficiência da plataforma de corte são técnicas amplamente utilizadas para reduzir as perdas na colheita mecanizada. Além disso, a utilização de sensores de ângulo mostrou-se promissora, permitindo um corte uniforme das plantas e a detecção da maturidade dos grãos, contribuindo para uma colheita mais eficiente. Este estudo ressaltou a importância de adotar técnicas adequadas para minimizar as perdas na colheita mecanizada da soja. Conclui-se que o uso de sensores de ângulo demonstrou ser uma estratégia eficaz para otimizar a colheita, reduzindo perdas e maximizando a eficiência operacional.

Palavra-chave: Colheita mecanizada. Perda. Redução. Sensores.

1 INTRODUÇÃO

No ramo agrícola, encontram-se diversos sistemas inteligentes e eletrônicas embarcadas, e com o passar dos tempos, essa tendência tem aumentado exponencialmente. Assim, tem sido apresentado inúmeros novos sensores com diversas formas de aplicação, entretanto a qualificação técnica não acompanha os avanços tecnológicos, com isso é necessário a concepção de dispositivos que possam auxiliar nas análises.

A regulação das colhedoras é um fator importante da mecanização da colheita e está diretamente relacionada às características da cultura, como a qualidade da

¹ Graduando do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNINTER.

² Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica pela UTFPR, Engenheiro Mecânico pela UniOpet, Tecnólogo em Gestão da Manufatura pela UTFPR, e Professor Tutor no Centro Universitário Internacional UNINTER.

semente, umidade do grão, deiscência da vagem, semeadura inadequada, seleção incorreta de cultivares, ocorrência de ervas daninhas e baixo desenvolvimento da cultura, entre outros (MENEZES *et al.*, 2018).

Alguns dos principais ajustes realizados na colheita dizem respeito à velocidade de deslocamento da colhedora, rotação e abertura do sistema de esteira, velocidade de rotação da bobina e velocidade do ventilador de resfriamento do sistema de limpeza e ângulo no qual a máquina desloca. Todos estes ajustes auxiliam na melhoria do desempenho da máquina na forma como os grãos podem ou não ser colhidos (DELIBERADOR *et al.*, 2019).

Quando se fala de máquinas e sensor de ângulo, principalmente está relacionado ao controle automático de direção de uma máquina, com a informação do sensor sabe-se o ângulo da roda, com esse dado somando com a posição do gps, pode-se saber qual deve ser o ângulo de ajuste para que veículo possa manter-se na linha deseja, pelo meio de comandos eletro-hidráulicos ajustando a direção para o ângulo desejado.

Apesar do setor de máquinas agrícolas estar em um forte ciclo de desenvolvimento tecnológico nos últimos anos e mesmo com a crescente aquisição em tecnologia nas máquinas, que as tornam mais precisas em relação à operação e otimização, oportunizando aos produtores uma performance superior em qualidade de grão e diminuição das perdas na colheita, os agricultores ainda experienciam altas taxas de perdas de grão (MENEZES *et al.*, 2018).

Trabalhando de forma direta nessa área, e inclusive auxiliando o corpo técnico, é possível notar uma dificuldade para analisar o funcionamento dos dispositivos. Melhorando essa análise se pode ser mais assertivo nas decisões, economizando tempo e, conseqüentemente, recursos. Desta forma, compreender os fatores que levam a perda da colheita de grãos e fornecer estratégias que possam mitigar esses fatores torna-se importante para minimizar as perdas e elevar os resultados financeiros de uma colheita. Dessa forma, a pergunta que se pretende responder com este trabalho é: Qual a importância de um dispositivo de sensor de ângulo para a redução de perdas em uma colheita mecanizada?

Com base nestas definições, o presente trabalho tem o objetivo geral de analisar os desafios e contribuições do uso do sensor de ângulo na redução de perdas em colheita mecanizada. Os objetivos específicos são: (i) descrever dados de colheita de soja no Brasil e no Mundo; (ii) apresentar resultados médios de perdas nas safras

de soja e; (iii) descrever principais técnicas utilizadas como forma de reduzir as perdas na colheita mecanizada.

A justificativa para a realização deste estudo se ampara na necessidade de encontrar soluções, bem como descrevê-las, com vistas à redução de perdas em uma agroindústria. Dessa forma, para a produção agrícola, entender formas de reduzir perdas a partir do uso de tecnologia embarcada é um fator que justifica este estudo.

O documento é estruturado em cinco seções, já com a inclusão da seção de Introdução apresentada. A seção 2 contém a fundamentação teórica. A seção 3 contém a metodologia aplicada ao desenvolvimento do projeto. A seção 4 apresenta o cronograma do projeto.

2 O AVANÇO DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Com a atual intensa mecanização e alta competição no setor agrícola, as operações de colheita mecanizada, de alto valor agregado, buscam otimizar ou desenvolver técnicas que maximizem a produtividade e possam reduzir os custos de produção por meio de melhorias (MENEZES *et al.*, 2018). De acordo com Santos *et al.* (2014), investimentos de alta gestão são necessários para obter alta eficiência no processo de colheita, reduzir perdas, elevar receitas e aumentar a resiliência no agronegócio brasileiro.

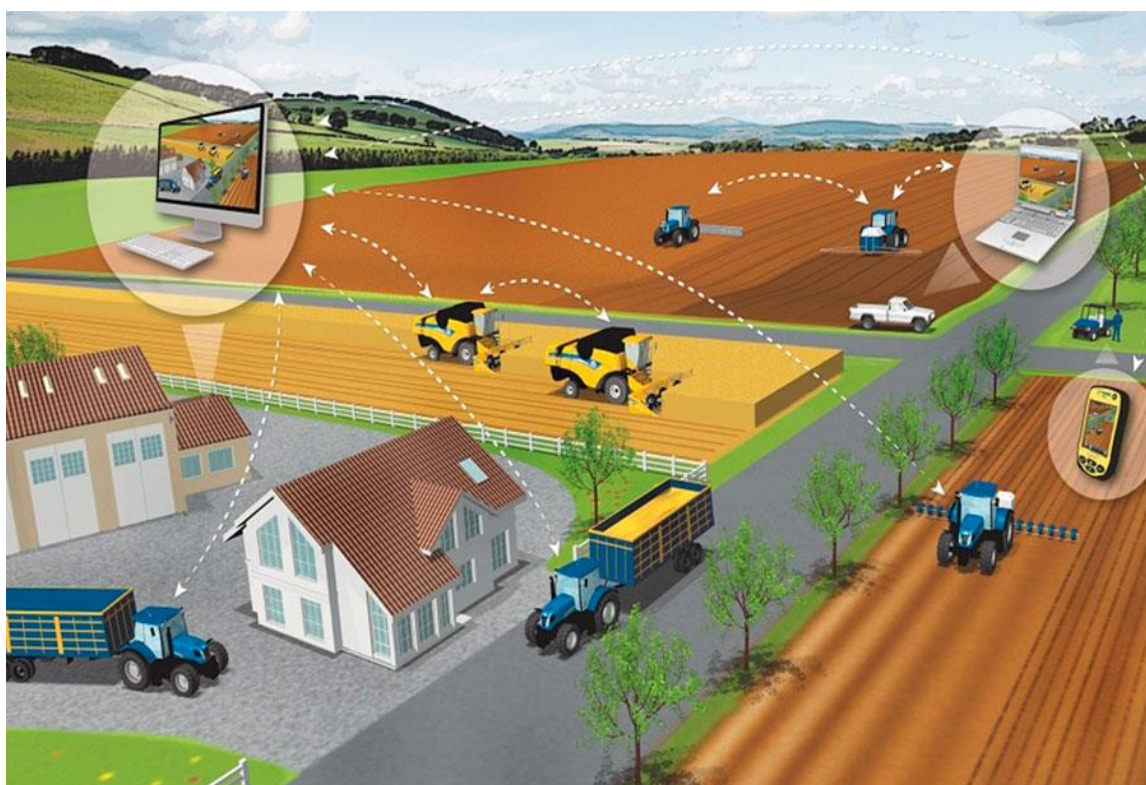
O avanço da tecnologia no ambiente do agronegócio e a introdução massiva de equipamentos, que a cada ano melhoram sua performance, não tem evitado perdas da colheita. Assim, conforme Silva *et al.* (2013) é fundamental para o sucesso do negócio, além de bons e modernos equipamentos, ter conhecimento em relação a uma correta otimização das máquinas e procedimentos que forneçam uma análise precisa em relação a perdas.

Importante esclarecer que as perdas com a colheita mecanizada diminuem a rentabilidade da colheita e das operações agrícolas, pois a colheita é a operação final do processo produtivo, quando as lavouras apresentam o maior valor agregado (DELIBERADOR *et al.*, 2019). A diminuição das perdas na colheita mecânica da soja é, portanto, necessária para aumentar o retorno econômico da produção de soja (SANTOS *et al.*, 2014).

Técnicas recentes de monitoramento da colheita em tempo real auxiliam no gerenciamento da operação por extrair informações importantes do maquinário em

operação, reduzindo perdas na operação. Esses dados podem ser tratados e organizados de forma que consigam gerar informações importantes na redução das perdas (SILVA *et al.*, 2013). Uma das técnicas utilizadas é a de monitoramento remoto por softwares supervisórios que informam ao operador e a uma central o atual estado da máquina e quais as falhas e possíveis ajustes para maximizar a produção. Esse sistema é exemplificado na Figura 1:

Figura 1 – Monitoramento de colheita em tempo real



Fonte: New Holland (2021)

De forma a reduzir a procura de energia dos polos mecanizados, bem como os desperdícios inerentes à operação, o formato das parcelas onde será implementada a cultura, tem um possível significado em termos de eficiência operacional (CHIODEROLI *et al.*, 2012).

Isso porque em áreas de maiores comprimentos, o conjunto terá um tempo de operação maior em relação ao tempo total de operação quando comparado às áreas irregulares com linhas “passadas” mais curtas. Portanto, destacar as plotagens de maior relação comprimento/largura em que se pode diminuir significativamente o tempo de manobra e giro, bem como o desconforto do operador em realizar tais operações, pode ajudar a evitar tempos mortos desnecessários para o conjunto

(SANTOS *et al.*, 2014).

Evidencia-se, além disso, atualizações em relação a produtividade de cultivares de soja cada vez mais produtivos o que traz uma nova necessidade ao produtor agrícola: uma análise mais clara das perdas. Isso ocorre por alguns motivos, entre eles, o principal é a necessidade de se buscar uma metodologia capaz de mensurar a perda (ou possível lucro) que ocorre em função de diversos fatores, influenciando nos resultados financeiros dos agricultores (DELIBERADOR *et al.*, 2019).

De acordo com Chioderoli *et al.* (2012), na agricultura, assim como nas empresas, a estabilização e a melhoria da qualidade das operações é uma das metas de sucesso. Assim, a diminuição da variabilidade garante uma melhor qualidade ao processo (SILVA *et al.*, 2013), que pode ser analisada pelo Controle estatístico de Processo (CEP).

A utilização do CEP nas operações de colheita mecanizada é fundamental, pois indica as falhas existentes e possíveis opções de melhorias nas operações subsequentes (SANTOS *et al.*, 2014). Na análise do CEP, a ferramenta de cartão de controle é normalmente usada para identificar possíveis causas especiais de qualquer instabilidade no processo (SILVA *et al.*, 2013).

Partindo do princípio de que o formato das parcelas pode influenciar o desempenho operacional da colheita mecanizada, e que tais formatos podem influenciar a tomada de decisão nas operações de colheita, reduzindo seus custos, o objetivo deste trabalho foi avaliar os tempos, movimentos e qualidade das operações da colheita mecanizada da soja em três tamanhos de parcelas (DELIBERADOR *et al.*, 2019). Este trabalho utilizou parâmetros de desempenho operacional da colhedora e variáveis representativas dos aspectos agrônômicos da cultura por meio de ferramentas de controle estatístico de processo como indicadores de qualidade.

2.2 PRINCIPAIS TÉCNICAS UTILIZADAS COMO FORMA DE REDUZIR AS PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA

A redução de perdas na colheita mecanizada é um desafio enfrentado pelos agricultores, e várias técnicas têm sido desenvolvidas para minimizar essas perdas e aumentar a eficiência durante o processo de colheita (DELIBERADOR *et al.*, 2019). Dentre as principais técnicas utilizadas, destacam-se:

Uma das técnicas mais comuns é o ajuste adequado da altura de corte das

plantas. É essencial regular a altura da plataforma da colheitadeira de acordo com a altura das plantas, garantindo que todas sejam cortadas corretamente. Isso evita a perda de grãos que poderiam ficar no solo ou serem danificados durante a passagem da colheitadeira (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Outra técnica importante é o controle da velocidade de avanço da colheitadeira. É necessário ajustar a velocidade de forma adequada, evitando que a máquina avance muito rapidamente e cause danos às plantas e grãos. Uma velocidade excessiva pode resultar em perdas significativas, pois a colheitadeira não consegue realizar uma colheita eficiente (CAMPOS, 2021).

O monitoramento da eficiência da plataforma de corte também é essencial. É importante garantir que a plataforma esteja em boas condições, com lâminas afiadas e reguladas corretamente. Isso contribui para um corte limpo das plantas e reduz as perdas causadas por danos mecânicos (MONTEIRO *et al.*, 2021).

A adoção de sensores de ângulo é uma técnica inovadora e promissora para reduzir as perdas na colheita mecanizada. Esses sensores permitem medir com precisão o ângulo de inclinação das plantas e ajustar a altura de corte de forma automática. Isso garante um corte uniforme e reduz a perda de grãos durante a colheita (QUEIROZ *et al.*, 2020).

A utilização de sistemas de monitoramento por imagem também tem se mostrado eficaz na redução de perdas. Esses sistemas utilizam câmeras e algoritmos de processamento de imagem para detectar plantas caídas, danos e outras irregularidades durante a colheita. Isso permite a tomada de ações imediatas para minimizar as perdas (PONGNUMKUL *et al.*, 2015).

Capacitação e treinamento dos operadores de colheitadeiras são fundamentais para reduzir as perdas. Operadores bem treinados e experientes são capazes de operar máquinas de forma mais eficiente, ajustando corretamente os parâmetros de colheita e realizando a manutenção adequada (MONTEIRO *et al.*, 2021).

2.3 USO DE SENSORES DE ÂNGULO PARA MONITORAMENTO NA AGRICULTURA

O uso de sensores de ângulo na agricultura tem se mostrado uma ferramenta promissora para otimizar a produção e a eficiência no setor agrícola. Essa tecnologia permite medir com precisão o ângulo de inclinação ou orientação de objetos, o que

possibilita uma série de aplicações no contexto agrícola (PONGNUMKUL *et al.*, 2019).

Uma das principais utilizações dos sensores de ângulo na agricultura é na determinação da altura de corte das plantas durante a colheita. Por meio desses sensores, é possível ajustar com precisão a altura de corte das colheitadeiras, garantindo que todas as plantas sejam cortadas de forma uniforme. Isso contribui para reduzir as perdas e maximizar a eficiência da colheita (QUEIROZ *et al.*, 2020).

Além disso, os sensores de ângulo são utilizados na detecção da maturidade dos grãos. Ao medir o ângulo de inclinação das plantas ou a posição dos grãos, é possível determinar o momento ideal para a colheita, evitando perdas decorrentes da colheita de grãos imaturos ou supermaduros. Essa informação permite aos agricultores obter um maior aproveitamento dos grãos e garantir a qualidade da safra (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Outra aplicação dos sensores de ângulo na agricultura é na orientação de máquinas e implementos agrícolas. Por meio desses sensores, é possível monitorar a inclinação ou a posição de máquinas como tratores, colheitadeiras e pulverizadores. Isso auxilia os agricultores a realizar as operações de forma mais precisa e eficiente, reduzindo erros e aumentando a produtividade (QUEIROZ *et al.*, 2020).

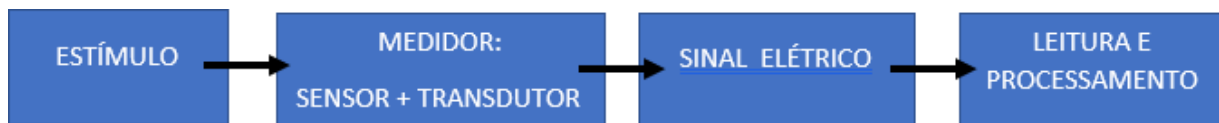
Além disso, os sensores de ângulo também são utilizados na agricultura de precisão. Ao fornecer dados em tempo real sobre a inclinação do solo ou a orientação de máquinas, esses sensores permitem o monitoramento e o controle preciso das atividades agrícolas. Isso contribui para uma aplicação mais eficiente de insumos agrícolas, como fertilizantes e defensivos, reduzindo desperdícios e impactos ambientais (PONGNUMKUL *et al.*, 2019).

O uso de sensores de ângulo na agricultura apresenta diversas vantagens, como a redução de perdas, a maximização da eficiência e a melhoria da qualidade da produção (QUEIROZ *et al.*, 2020). Essa tecnologia desempenha um papel importante na otimização das atividades agrícolas, permitindo um manejo mais preciso e sustentável. Com o contínuo avanço tecnológico, espera-se que o uso de sensores de ângulo na agricultura seja cada vez mais adotado, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola.

2.4 USO DO SENSOR DE ÂNGULO E COMO ELE AUXILIA NA REDUÇÃO DE PERDAS DE COLHEITA

Sensor é caracterizado, conforme Campos (2021), como um dispositivo que detecta ou sente calor, luz, som, movimento etc., e então reage a ele em um modo particular.

Figura 1 — Processo

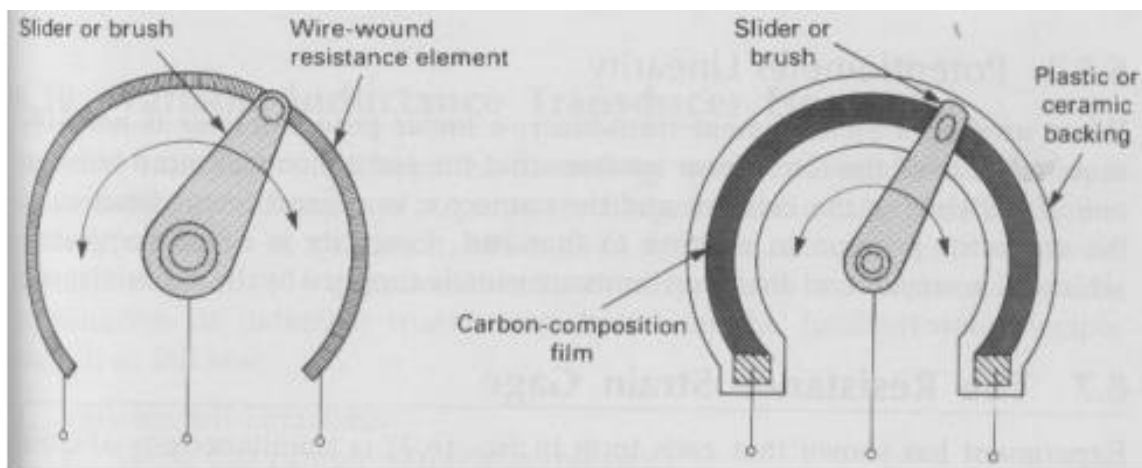


Fonte: O autor (2023)

2.4.1 Transdutores elétricos com resistência variável

Quando se trata especificamente do sensor usado para piloto automático em máquinas agrícolas os sensores de ângulo ou transdutores elétricos com resistência variável são muito importantes (CAMPOS, 2021). São componentes que tem a capacidade de medir, com altíssima precisão, a variação angular (giro) de mecanismos aos quais são acoplados. Esta família de produtos conta com diversas versões, que se diferenciam pelo tipo de sinal de saída (analógica, digital ou por comunicação CAN) e pelo formato de encaixe do eixo (CAMPOS, 2021). A figura 2 mostra o funcionamento de um sensor de ângulo.

Figura 2 — Sensor de Ângulo



Fonte: O autor (2023)

Patel *et al.* (2021) apontam que dependendo da localização nas unidades e mecanismos da colheitadeira, o sensor de ângulo permite que o operador controle:

- posição (ângulo de rotação) das rodas
- localização espacial do sem-fim de descarga
- a altura de elevação (corte real) da plataforma
- posição da câmara inclinada (bandeja de grãos)
- a abertura do côncavo do tambor de debulha e outras funções

O funcionamento do sensor de ângulo é baseado no princípio da variação da resistência indutiva da bobina com núcleo de aço durante as mudanças do entreferro no campo magnético (CAMPOS, 2021). Estruturalmente, o sensor de ângulo é executado em um invólucro de plástico de formato complexo com dois orifícios de fixação, conforme apresentado na figura 3:

Figura 3 — Sensor de Ângulo



Fonte: Campos (2021)

Dentro da caixa há uma bobina, um núcleo e os elementos eletrônicos. Um *slot* para conectar o sensor ao computador de bordo é colocado na superfície lateral. Acrescenta-se que os sensores de ângulo detectam a orientação de um campo magnético aplicado medindo componentes de ângulo de seno e cosseno com elementos magneto-resistivos monoliticamente integrados.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa exploratória pois buscará trazer respostas, dentro de bases científicas, para problemas propostos (PRADO, 2011). Com relação aos meios este trabalho se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica na qual foi utilizada uma revisão da literatura em livros, artigos e manuais. Nesse sentido, Santos (2011) aponta que:

É importante ressaltar que, ao estudar fatos da atualidade, que ainda não foram cristalizados na forma de livros, os periódicos, jornais, revistas e, principalmente, publicações especializadas no assunto são de fundamental importância para o pesquisador (SANTOS, 2011, p. 83).

A busca pelas fontes de informação para elaboração desse trabalho foi na biblioteca virtual da universidade e na base Google Scholar, onde foi dada preferência para artigos científicos pois estes trabalhos trazem o que de mais novo existe na literatura acadêmica.

Os dados buscados foram com relação ao uso de técnicas para reduzir as perdas na colheita mecanizada, controle das perdas e mecanismos de melhoria nos equipamentos, limitados ao período de 10 anos (2013-2023). Isso se concretizará em um estudo quantitativo, porém as análises desses dados se resumirão em qualitativas pois irá agregar características e definir, a partir da análise, os melhores resultados.

Por fim os dados foram analisados interpretativamente para que pudessem cumprir com o objetivo proposto no presente estudo. Estes dados, quando necessários serão despojados em tabelas e gráficos para que possam ser mais facilmente entendidos pelo leitor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESAFIOS NO USO DE SENSORES ÂNGULO NA COLHEITA MECANIZADA

A incorporação de tecnologias avançadas, como os sensores de ângulo, na colheita mecanizada trouxe consigo uma série de desafios que requerem consideração cuidadosa e pesquisa contínua. Embora esses sensores tenham o potencial de revolucionar a eficiência da colheita, diversos obstáculos técnicos e

operacionais precisam ser superados para garantir seu desempenho confiável e eficaz. Um dos desafios primordiais é a escolha apropriada do sensor de ângulo. Diferentes culturas, terrenos e máquinas de colheita podem exigir características específicas dos sensores. A precisão da medição é crucial para a eficácia geral do sistema, e a calibração precisa ser realizada com regularidade para garantir leituras precisas ao longo do tempo (AHMAD; NABI, 2021).

As condições ambientais podem influenciar significativamente o desempenho dos sensores de ângulo. Chuva intensa, poeira e variações extremas de temperatura podem afetar a precisão das medições, resultando em dados inconsistentes e erros na operação da máquina de colheita. A topografia irregular do terreno e as diferenças nas características das culturas apresentam desafios consideráveis para os sensores de ângulo. O mesmo sensor pode fornecer leituras diferentes em áreas com inclinações variadas, levando a ajustes inadequados da máquina de colheita e potenciais perdas (PATEL, 2021).

A integração harmoniosa dos sensores de ângulo com sistemas de controle automatizado, como a direção autônoma da máquina, é uma área desafiadora. A precisão das medições dos sensores é crucial para a tomada de decisões em tempo real pelos sistemas de controle, mas a interação eficiente entre esses componentes ainda requer refinamento. A coleta massiva de dados dos sensores de ângulo implica desafios na sua gestão e processamento. A interpretação correta dos dados requer algoritmos sofisticados de análise e processamento para filtrar informações irrelevantes e extrair insights valiosos que possam direcionar ajustes precisos na operação da máquina (CAMPOS, 2021).

A manutenção regular dos sensores de ângulo é fundamental para a continuidade da operação sem falhas. A exposição a elementos ambientais adversos e ao desgaste mecânico pode comprometer a precisão dos sensores ao longo do tempo. Portanto, garantir sua durabilidade e funcionamento confiável é um desafio constante. A implementação de sensores de ângulo na colheita mecanizada envolve custos significativos, incluindo a aquisição dos próprios sensores e a infraestrutura necessária para sua operação. A acessibilidade a essas tecnologias pode ser limitada para agricultores de menor porte, levantando preocupações sobre a equidade na adoção (AHMAD; NABI, 2021).

A utilização eficaz dos sensores de ângulo requer um nível adequado de

conhecimento e treinamento por parte dos operadores das máquinas de colheita. A interpretação correta dos dados e a resposta às informações fornecidas pelos sensores demandam compreensão técnica, o que destaca a importância do treinamento adequado. A falta de padronização nos sensores de ângulo e nos sistemas de colheita mecanizada pode dificultar a integração de diferentes componentes e a interoperabilidade entre máquinas de diferentes fabricantes. Essa falta de padronização pode limitar a flexibilidade e a eficiência das operações (PATEL, 2021).

Finalmente, a coleta massiva de dados durante a operação das máquinas de colheita, incluindo informações do sensor de ângulo, levanta preocupações éticas e de privacidade. A gestão adequada desses dados e a garantia de que sejam usados apenas para fins legítimos são desafios que não devem ser subestimados. Em conclusão, os desafios associados ao uso de sensores de ângulo na colheita mecanizada são numerosos, mas não insuperáveis (QUEIROZ *et al.*, 2020).

4.2 CONTRIBUIÇÕES DO USO DE SENSORES DE ÂNGULO NA REDUÇÃO DE PERDAS

O emprego de sensores de ângulo na colheita mecanizada tem se destacado como uma abordagem promissora para a redução das perdas nesse processo fundamental da agricultura moderna. Essa tecnologia oferece contribuições valiosas que não apenas otimizam a eficiência da operação, mas também têm o potencial de melhorar significativamente o rendimento das colheitas e a qualidade dos produtos (PATEL, 2021).

Uma das principais contribuições dos sensores de ângulo reside na sua capacidade de monitorar a altura de corte das plantas em tempo real. Isso possibilita ajustes precisos e imediatos da máquina de colheita, levando em consideração as variações no terreno e na vegetação. A altura de corte inadequada é uma das causas principais das perdas na colheita, e a capacidade de manter uma altura ótima de corte pode resultar em significativa redução dessas perdas (AHMAD; NABI, 2021).

Além disso, os sensores de ângulo desempenham um papel crucial na detecção de obstáculos e obstruções durante a operação da máquina de colheita. A detecção precoce de objetos ou plantas indesejadas permite ajustes imediatos na

trajetória da máquina, evitando danos tanto à colheitadeira quanto às plantas que estão sendo colhidas. Essa contribuição não apenas minimiza as perdas de produtos colhidos, mas também preserva a integridade das plantas que permanecerão para futuras colheitas (KUMAR, 2017).

A otimização da velocidade de avanço da máquina é outra contribuição relevante dos sensores de ângulo para a redução de perdas. Esses sensores podem fornecer informações em tempo real sobre a densidade da cultura em diferentes áreas da plantação. Com base nessas informações, a máquina pode ajustar automaticamente sua velocidade, garantindo um processo de colheita uniforme e minimizando a perda de produtos (CAMPOS, 2021).

Adicionalmente, a aplicação dos sensores de ângulo permite uma operação mais precisa das partes ativas da máquina de colheita, como as lâminas de corte. A capacidade de ajustar o ângulo e a profundidade das lâminas com base nas informações dos sensores resulta em um corte mais preciso e eficiente, reduzindo as perdas por desprendimento inadequado (AHMAD; NABI, 2021).

Outra contribuição significativa é a possibilidade de utilização dos dados coletados pelos sensores para fins de análise e otimização a longo prazo. O histórico de dados permite identificar padrões sazonais, variações na eficiência e outras informações relevantes. Com base nesses insights, os agricultores podem realizar ajustes em suas práticas de colheita e planejar intervenções direcionadas para reduzir ainda mais as perdas (PATEL, 2021).

Além das contribuições operacionais, a incorporação dos sensores de ângulo na colheita mecanizada também pode resultar em benefícios econômicos e ambientais. A redução das perdas não apenas aumenta o rendimento da colheita, mas também diminui a pressão sobre os recursos naturais utilizados na produção. Isso contribui para a sustentabilidade das operações agrícolas e a preservação do meio ambiente (AHMAD; NABI, 2021).

No entanto, é importante destacar que as contribuições dos sensores de ângulo na redução de perdas não são isentas de desafios. A precisão das medições, a interpretação correta dos dados, a interoperabilidade com outros sistemas e a necessidade de treinamento para os operadores são aspectos que exigem atenção contínua (KUMAR, 2017).

Os sensores de ângulo oferecem diversas contribuições valiosas para a

redução de perdas na colheita mecanizada. Desde a monitoração da altura de corte até a detecção de obstáculos e a otimização da operação, essa tecnologia tem o potencial de revolucionar a eficiência e a produtividade agrícola (CAMPOS, 2021). A pesquisa e o desenvolvimento contínuos são fundamentais para explorar ainda mais essas contribuições e superar os desafios associados ao uso desses sensores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, investigamos os desafios e contribuições do uso do sensor de ângulo na redução de perdas na colheita mecanizada, com foco na cultura da soja. Através da análise de dados de colheita de soja no Brasil e no mundo, foi possível compreender a importância econômica dessa cultura agrícola e a necessidade de reduzir as perdas durante o processo de colheita.

Ao longo do trabalho, descrevemos as principais técnicas utilizadas para reduzir as perdas na colheita mecanizada, como o ajuste adequado da altura de corte das plantas, o controle da velocidade de avanço da colheitadeira, o monitoramento da eficiência da plataforma de corte, o uso de sensores de ângulo, sistemas de monitoramento por imagem e a capacitação dos operadores. Essas técnicas representam importantes estratégias para otimizar a colheita de soja e minimizar as perdas.

Como resposta à pergunta apresentada no problema de pesquisa, não é apenas um fator que irá determinar a redução da perda na colheita mecanizada dos grãos, mas a combinação de diversos fatores como realização de monitoramento contínuo para verificar a perda do grão e poder mitigar isso, avaliar o impacto que a debulha está tendo na qualidade do grão, e manter a equipe treinada e com equipamentos devidamente calibrados para a realização da tarefa.

No entanto, é importante ressaltar que ainda há espaço para melhoramentos e continuação desta pesquisa. Por exemplo, seria interessante realizar estudos de caso mais aprofundados para avaliar a eficácia das técnicas mencionadas em diferentes condições agrícolas e climáticas. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias e sensores de ângulo mais avançados pode trazer benefícios adicionais na redução de perdas na colheita mecanizada.

O aprimoramento dessas técnicas e a realização de pesquisas adicionais podem contribuir para a otimização da colheita de soja e, conseqüentemente, para a

maximização da produtividade e rentabilidade dos agricultores. A continuação deste trabalho pode envolver a implementação prática das técnicas propostas, bem como a avaliação de seu impacto econômico e ambiental.

Assim, a pesquisa sobre o uso do sensor de ângulo na redução de perdas na colheita mecanizada da soja oferece uma base sólida para aprimorar as práticas agrícolas e enfrentar os desafios enfrentados pelos agricultores. O uso adequado dessas técnicas pode contribuir para uma colheita mais eficiente, reduzindo as perdas e promovendo um setor agrícola mais sustentável.

Finaliza-se este trabalho apontando que sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos passíveis de uso em qualquer indústria estão facilitando muito o trabalho e elevando receitas no mundo todo. A Engenharia de Produção possui diversos campos de trabalho e sempre irá proporcionar melhores formas de realizar tarefas simples com uso de tecnologia, automação e monitoramento.

REFERÊNCIAS

AGUILA, L. S. H. D. et al. **Perdas na Colheita na Cultura da Soja** - Comunicado técnico. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/953768/perdas-na-colheita-na-cultura-da-soja>. Acesso em: 04 jun. 2023.

CAMPOS, Hugo. **The Innovation Revolution in Agriculture: A Roadmap to Value Creation**. New York: Springer, 2021.

CHIODEROLI, C. A. et al. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, 2012, 71: 112-121. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052012000100017&lng=en&nrm=iso. Acesso em 10 ja set n. 2021.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. Boletim da safra de grãos: 4º Levantamento - Safra 2020/21. **CONAB**, 13 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 26 jun. 2023.

DELIBERADOR; Lucas Rodrigues; MELLO, Luciana Torres Correia de; BATALHA, Mário Otávio. Perdas de Grãos no Transporte e Armazenagem: Uma Revisão Sistemática da Literatura com Análise Bibliométrica. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**; Bauru Vol. 14, Ed. 5, (2019): 174. Disponível em <https://search.proquest.com/openview/b424876d6dec83b46ca2e6e3ddb7cf78/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034372>. Acesso em 26 jun. 2023.

FAO. **Soybean** : Land & Water. Fao, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/soybean/en/>. Acesso em 21 jun. 2023.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 11/2007**. Brasília: MAPA, 2007. Disponível em: <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/in-mapa-11-2007---soja.pdf>. Acesso em 24 jun. 2023.

MENEZES, Patricia C. de et al. A combinação de plataformas e velocidades de deslocamento pode afetar a qualidade das operações de colheita de soja?. **Rev. bras. eng. Viola. ambiente**. Campina Grande, v. 22, n. 10, pág. 732-738, outubro de 2018. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018001000732&lng=en&nrm=iso. Acesso em 26 jun. 2023.

MONTEIRO, António; SANTOS, Sérgio; GONÇALVES, Pedro. Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming—Brief Review. **Animals** **11**, no. 8: 2345. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/8/2345/>. Acesso em 21 jun. 2023.

NEW HOLLAND. Telemetria PLM Connect. **New Holland Agriculture**, 2021. Disponível em: <https://agriculture.newholland.com/lar/pt-br/plm/produtos/telemetria-plm-connect/telemetria-plm-connect>. Acesso em 29 jun. 2023.

PAIXÃO, Carla et al. Efficiency and losses in mechanical harvesting of soybeans due to the plots format:. **Australian Journal of Crop Science**. 10. 2017. 765-770. 10.21475/ajcs.2016.10.06.p6678. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305750916_Efficiency_and_losses_in_mechanical_harvesting_of_soybeans_due_to_the_plots_format. Acesso em 21 jun. 2023.

QUEIROZ, D. M. de . ; COELHO, A. L. de F. ; VALENTE, D. S. M.; SCHUELLER, J. K. Application of Angle Sensors in Agriculture: A Review. **Rev. Ciênc. Agron.** 51 (spe). 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/wpRcKwcN4kmzQXYC8fNLJWv/>. Acesso em 21 jun. 2023.

SANTOS, João Almeida. **Metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SANTOS, N. B. et al. Simulação da eficiência de campo da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Energia na Agricultura**, 2014, 29: 09-13. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/904>. Acesso em 10 jun. 2023.

PONGNUMKUL, Suporn; CHAOVALIT, Pimwadee; SURASVADI, Navaporn. Applications of Smartphone-Based Sensors in Agriculture: A Systematic Review of Research. **Journal of Sensors**, vol. 2015, Article ID 195308, 18 pages, 2015. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/js/2015/195308/> . Acesso em 21 jun. 2023.

SILVA, R. P. et al. Perdas qualitativas na colheita mecanizada de soja. **Semina: Ciências Agrárias** 34, 2013, (2): 477-484. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/8703/12550>. Acesso em 10 jun. 2023.

AHMAD, Latief; NABI, Firasath. **Agriculture 5.0**: Artificial Intelligence, IoT and Machine Learning. Boca Raton: CRC Press, 2021.

KUMAR, A. Performance evaluation of harvesting and threshing methods for wheat crop. **Int. J. Pure App. Biosci.** 5 (2): 604-611, 2017. Disponível em: <http://www.ijpab.com/form/2017%20Volume%205,%20issue%202/IJPAB-2017-5-2-604-611.pdf>. Acesso em 21 jun. 2023.

PATEL, Govind Singh. **Smart Agriculture**: Emerging Pedagogies of Deep Learning, Machine Learning and Internet of Things. Boca Raton: CRC Press, 2021.