XXXIII Congresso Brasileiro de Custos
17, 18 e 19 de novembro de 2026
- Porto de Galinhas / PE -

Quais gargalos interferem na eficiência operacional da colheita mecanizada da cana-de-açúcar?

Wilque Nascimento Nascimento Al (ufms) - wilque.nar@hotmail.com

Silvana Dalmutt Kruger (UFMS) - silvana.d@ufms.br

Fabiano Greter Moreira (UFMS) - fabiano.greter@ufms.br

GEMAEL CHAEBO (UFMS) - gemael.chaebo@ufms.br

Resumo:

O estudo tem por objetivo identificar os principais gargalos que interferem na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar de uma empresa do setor sucroalcoleiro do interior do Mato Grosso do Sul. A pesquisa é descritiva, realizada por meio de análise documental a partir dos relatórios da empresa estudada. Observou-se os dados das safras de 2024 e 2025. Os resultados indicaram que determinadas atividades auxiliares realizadas no campo podem estar impactando negativamente os indicadores operacionais da empresa. A identificação de gargalos no processo de colheita da cana-de-açúcar permitiu identificar como eles atuam e impactam a produtividade do sistema operacional, limitando o desempenho global das operações. De maneira geral, os resultados indicam que os principais gargalos que reduzem a eficiência operacional da empresa estudada são: (i) tempo de manobra nas cabeceiras; (ii) deslocamento sem colheita; (iii) falta de sincronização com o sistema de transbordo da colheita da cana-de-açúcar; (iv) ajustes operacionais frequentes; (v) variabilidade da lavoura; e (vi) limitações relacionadas ao fator humano. Além disso, verificou-se que a qualificação e o treinamento dos operadores têm papel decisivo nesse cenário, uma vez que instruções técnicas mais detalhadas contribuem para a correção de falhas recorrentes, reduzindo a necessidade de aumento de área plantada, consumo de combustível da colhedora e pode gerar aumento de produtividade (toneladas de cana-de-açúcar por hectares). De forma geral, a identificação dos principais gargalos do processo de colheita possibilita a implementação de melhorias operacionais, capazes de promover mudanças no desempenho da empresa e em sua eficiência operacional

Palavras-chave: *Controle de custos. Eficiência produtiva. Gestão de resultados*

Área temática: *Sistemas de controle gerencial e custos*

Quais gargalos interferem na eficiência operacional da colheita mecanizada da cana-de-açúcar?

RESUMO

O estudo tem por objetivo identificar os principais gargalos que interferem na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar de uma empresa do setor sucroalcoleiro do interior do Mato Grosso do Sul. A pesquisa é descritiva, realizada por meio de análise documental a partir dos relatórios da empresa estudada. Observou-se os dados das safras de 2024 e 2025. Os resultados indicaram que determinadas atividades auxiliares realizadas no campo podem estar impactando negativamente os indicadores operacionais da empresa. A identificação de gargalos no processo de colheita da cana-de-açúcar permitiu identificar como eles atuam e impactam a produtividade do sistema operacional, limitando o desempenho global das operações. De maneira geral, os resultados indicam que os principais gargalos que reduzem a eficiência operacional da empresa estudada são: (i) tempo de manobra nas cabeceiras; (ii) deslocamento sem colheita; (iii) falta de sincronização com o sistema de transbordo da colheita da cana-de-açúcar; (iv) ajustes operacionais frequentes; (v) variabilidade da lavoura; e (vi) limitações relacionadas ao fator humano. Além disso, verificou-se que a qualificação e o treinamento dos operadores têm papel decisivo nesse cenário, uma vez que instruções técnicas mais detalhadas contribuem para a correção de falhas recorrentes, reduzindo a necessidade de aumento de área plantada, consumo de combustível da colhedora e pode gerar aumento de produtividade (toneladas de cana-de-açúcar por hectares). De forma geral, a identificação dos principais gargalos do processo de colheita possibilita a implementação de melhorias operacionais, capazes de promover mudanças no desempenho da empresa e em sua eficiência operacional.

Palavras-chave: Controle de custos. Eficiência produtiva. Gestão de resultados.
.

Área Temática: Sistemas de controle gerencial e custos.

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário com os avanços tecnológicos e a facilidade no acesso às informações as pessoas possuem a possibilidade de analisar dados e conduzir decisões mais assertivas (Marnewick, & Marnewick, 2022). No contexto do agronegócio nada é diferente, a mecanização e os processos de automação permitem controlar e analisar os dados da produção e o desempenho das atividades (D'Alessandro, & Cavichioli, 2024).

O uso de tecnologias digitais no agronegócio tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de aumento de produtividade, redução de custos e a melhoria nos processos de tomada de decisão (Pereira et al., 2023). Nesse contexto, a telemetria tem ganhado destaque como uma ferramenta relevante na gestão agrícola, especialmente no processo de cultivo da cultura da cana-de-açúcar,

onde as operações mecanizadas possuem grande impacto sobre os resultados produtivos e econômicos (Bachini, & Reis, 2026).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026), a produção brasileira de cana-de-açúcar na safra 2024/2025 foi estimada em aproximadamente 676,9 milhões de toneladas, consolidando o país como um dos maiores produtores mundiais dessa cultura. O cultivo da cana-de-açúcar também passou por mudanças consideráveis no sistema de plantio e colheita, a mecanização se tornou presente, mudando assim completamente a forma como era visto e analisando a eficiência das operações (UNICA, 2026). O Brasil se consolida como uma das maiores referências de produção desta cultura, mantendo este crescimento devido ao contínuo avanço tecnológico em sua produção (D'Alessandro, & Cavichioli, 2024).

A região do Centro-oeste é considerada a segunda maior produtora de cana de açúcar do país, ficando atrás apenas da região sudeste. Com uma produção estimada em 151 milhões de toneladas e uma área de colheita de 1,96 milhões de hectares (CONAB, 2026). O estado de Mato Grosso do Sul tem se destacado na produção da cultura canavieira, impulsionado pela disponibilidade de terras, condições climáticas favoráveis e investimentos no setor sucroenergético, além disso, pela expansão da indústria de biocombustíveis, o que contribui para o desenvolvimento econômico regional, conforme dados do Ministério da Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2025).

De acordo com Nascimento et al. (2024), a mecanização da colheita foi influenciada inicialmente por legislações que restringiram a queima da cana-de-açúcar, exigindo das usinas a adoção de práticas mais sustentáveis. A eficiência operacional tem se consolidado como um dos principais fatores de competitividade no setor sucroenergético, especialmente no contexto da colheita da cana-de-açúcar, que representa uma das etapas mais críticas do processo produtivo (Goldemberg et al., 2011; CONAB, 2026). Por consequência, a gestão de informações como a telemetria pode ser compreendida como o processo de coleta, transmissão e análise de dados gerados por máquinas e equipamentos em tempo real, permitindo o monitoramento contínuo das operações agrícolas (Bachini, & Reis, 2026).

Além disso, a mecanização permitiu um aumento significativo na capacidade de colheita, reduzindo o tempo necessário para a realização das atividades no campo, sendo que uma única colhedora pode substituir o trabalho de dezenas de trabalhadores, contribuindo para a redução de custos operacionais do processo de cultivo da cana-de-açúcar (Silva et al., 2021). No entanto, a ausência de controle sobre indicadores operacionais pode comprometer significativamente o desempenho da colheita mecanizada, resultando em perdas de matéria-prima, aumento de custos e redução da qualidade da cana-de-açúcar colhida (Oliveira et al., 2020).

O uso de tecnologias no meio rural pode agregar vantagens por otimizar o uso de insumos, permitir controlar os gastos e os custos dos processos produtivos, favorecendo melhores resultados e desempenho (Carvalho & Fonseca, 2025). Nesse contexto, a eficiência operacional pode ser entendida como a capacidade de utilizar os recursos disponíveis de maneira otimizada, reduzindo desperdícios e maximizando os resultados (Nascimento et al., 2024). Para Pereira et al. (2023), indicadores como eficiência de campo, índice de perdas e consumo de combustível são essenciais para o monitoramento das operações e identificação de pontos críticos.

Neste sentido, emerge a problemática da pesquisa: Como os gargalos interferem na eficiência operacional da produção de cana-de-açúcar? Com o objetivo de identificar os principais gargalos que interferem na eficiência operacional da

colheita da cana-de-açúcar de uma empresa do setor sucroalcoleiro do interior do Mato Grosso do Sul.

Justifica-se a importância do estudo considerando indicativos que da transição da colheita manual para a mecanizada trouxe impactos significativos na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar (Nascimento et al., 2024). Além disso, quando se considera a relevância da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, especialmente no estado de Mato Grosso do Sul, percebe-se que a eficiência operacional não é apenas uma questão técnica, mas também estratégica para a sustentabilidade do setor (MAPA, 2025). Observa-se que a atividade sucroenergética exerce papel relevante na geração de empregos e na movimentação econômica local, contribuindo para o desenvolvimento regional (CONAB, 2026). Nesse sentido, a cultura da cana-de-açúcar assume importância não apenas macroeconômica, mas também microeconômica, impactando diretamente comunidades locais, ainda que essas relações nem sempre sejam totalmente mensuradas. Apesar dos avanços tecnológicos e dos ganhos de produtividade, ainda existem desafios relacionados à gestão das operações, à capacitação de pessoas e à integração dos processos, o que indica que há espaço para melhorias contínuas (UNICA, 2026). A pesquisa agrega contribuições para gestores e empresas do segmento, sobre gargalos que impactam no desempenho das empresas sucroalcooleiras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Mecanização e uso de telemetria no sistema de colheita da cana-de-açúcar

Desde o século XVI a cultura da cana-de-açúcar possui um papel fundamental na economia do Brasil, passando pelo período colonial com a criação de engenhos como uma fonte de renda que manteve o país em ascensão, aos dias atuais como uma das maiores referências de produção, mantendo-se competitivamente devido aos contínuos avanços tecnológicos do processo de produção (D'Alessandro; Cavichioli, 2024).

As características climáticas e o tipo de solo impulsionaram o setor sucroalcooleiro, favorecendo sua expansão, bem como os avanços de novas tecnologias desde o plantio até o processamento da matéria prima, têm favorecido a produtividade brasileira. Na última projeção divulgada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026) a estimativa era de uma produção de 666,4 milhões de toneladas na safra 2025/2026. Atualmente, a cana-de-açúcar mantém sua relevância não apenas na produção de açúcar, mas também como base para a geração de etanol e bioeletricidade, sendo essencial na matriz energética renovável do Brasil (Oliveira et al., 2020). O país se destaca globalmente por seu modelo de produção sustentável, que integra eficiência econômica e redução de emissões de gases de efeito estufa, reforçando a importância estratégica da cultura no cenário contemporâneo e futuro (Goldemberg et al., 2011; UNICA, 2026).

O Código Florestal, estabelecido pela Lei 12.651/2012 e o Decreto 2.661 de 1998 suspenderam várias ações de queima de cana-de-açúcar no Brasil, sendo permitidas apenas em pequenas exceções, trazendo assim um novo cenário para o cultivo desta cultura e criando desafios e novos padrões de produção (Manfrenato, 2022). Esse marco representou uma mudança significativa no sistema produtivo, uma vez que a queima da palha era amplamente utilizada para facilitar o corte manual, exigindo, a partir de então, a adoção de práticas mais sustentáveis e técnicas no manejo da cultura (Bordonal et al., 2018).

Consequentemente houve uma combinação de trabalhos manuais e mecanizados para suprir para suprir as etapas de queimadas utilizadas até então no processo de produção (Reis & Alves, 2014). Essa transição gradual permitiu a adaptação do setor às novas exigências legais, ao mesmo tempo em que impulsionou novas inovações tecnológicas nas operações agrícolas do setor (Nascimento et al., 2014).

A mecanização na cultura da cana-de-açúcar consolidou-se, portanto, como um dos principais pilares para o aumento da eficiência produtiva no setor sucroenergético brasileiro e com maior intensidade após as restrições à queima. Esse processo foi impulsionado tanto pela necessidade de aumento da competitividade quanto por questões ambientais e trabalhistas, como a redução da emissão de poluentes e a substituição progressiva da mão de obra manual. Assim, a mecanização passou a representar uma transformação estrutural no modelo produtivo, promovendo maior escala e padronização das operações (Magalhães; Braunbeck, 2013).

A introdução de colhedoras mecanizadas revolucionou a etapa de colheita, permitindo que grandes áreas fossem colhidas em menor tempo e com maior eficiência operacional. Esse avanço tecnológico reduziu significativamente a dependência de mão de obra, além de contribuir para a eliminação das queimadas, prática historicamente associada a impactos ambientais negativos (Bordonal et al., 2018). Além da colheita, o preparo do solo e o plantio da cana-de-açúcar também passaram por intensos avanços tecnológicos. O uso de máquinas modernas possibilitou maior precisão na distribuição de mudas, no espaçamento entre linhas e na profundidade de plantio, fatores essenciais para o bom desenvolvimento da cultura (Magalhães; Braunbeck, 2013). A incorporação de tecnologias como sistemas de posicionamento global (GPS) e ferramentas de agricultura de precisão tem permitido um manejo mais eficiente das áreas cultivadas, otimizando o uso de insumos e reduzindo custos (D'Alessandro, A., & Cavichioli, 2024).

Entretanto, a mecanização também apresenta desafios, especialmente relacionados à compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas pesadas. Esse fenômeno pode comprometer o desenvolvimento radicular das plantas e reduzir a infiltração de água, afetando a produtividade (Dias & Sentelhas, 2018). Para minimizar esses impactos, práticas como o controle de tráfego e o uso de tecnologias adaptadas têm sido adotadas, visando conciliar produtividade e sustentabilidade no sistema agrícola (Sousa et al., 2022).

A mecanização na cultura da cana-de-açúcar representa um avanço essencial para a modernização da agricultura brasileira, promovendo ganhos significativos em eficiência, produtividade e sustentabilidade. Apesar dos desafios associados, o contínuo desenvolvimento tecnológico e a adoção de boas práticas de manejo tendem a ampliar os benefícios desse processo, garantindo a competitividade do setor sucroenergético no cenário nacional e internacional (Bordonal et al., 2018).

O uso de tecnologias digitais no agronegócio tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionado pela necessidade de aumento de produtividade, redução de custos e melhoria na tomada de decisão (Nascimento et al., 2024). Nesse contexto, a telemetria tem ganhado destaque como uma ferramenta relevante na gestão agrícola, especialmente na cultura da cana-de-açúcar, onde as operações mecanizadas possuem grande impacto sobre os resultados produtivos e econômicos (Bachini, & Reis, 2026). Ainda que sua adoção não seja homogênea entre todas as unidades produtoras, observa-se um avanço considerável no uso dessa tecnologia no processo de produção da cana-de-açúcar (CONAB, 2025).

A telemetria pode ser compreendida como o processo de coleta, transmissão e análise de dados gerados por máquinas e equipamentos em tempo real, permitindo o monitoramento contínuo das operações agrícolas (Bachini, & Reis, 2026). Segundo Pereira et al. (2023), a utilização de sistemas de telemetria possibilita maior controle sobre indicadores operacionais, como tempo de trabalho, consumo de combustível e eficiência das máquinas.

Na cultura da cana-de-açúcar, a telemetria tem sido amplamente aplicada no monitoramento de colhedoras, tratores e veículos de transporte, contribuindo para a otimização das operações de campo. De acordo com Silva et al. (2021), a mecanização da colheita trouxe a necessidade de maior controle operacional, uma vez que o desempenho das máquinas influencia diretamente a produtividade e os custos da produção.

Além disso, o uso da telemetria está diretamente relacionado à melhoria da eficiência operacional, uma vez que possibilita a identificação de gargalos e desperdícios nas operações. Conforme Oliveira et al. (2020), a análise de indicadores operacionais é fundamental para a gestão eficiente da agricultura mecanizada, sendo a telemetria um importante suporte nesse processo. Entretanto, em algumas situações, a grande quantidade de dados gerados pode dificultar a interpretação das informações, especialmente quando não há uma estrutura adequada para análise, o que acaba reduzindo sua efetividade.

Outro aspecto relevante refere-se à manutenção preventiva das máquinas agrícolas. A telemetria permite o acompanhamento em tempo real do desempenho dos equipamentos, possibilitando a identificação de falhas antes que elas se tornem problemas mais graves (Bachini, & Reis, 2026). Segundo Pereira et al. (2023), a integração entre telemetria e centros de controle operacional potencializa a eficiência, pois possibilita intervenções mais rápidas e assertivas diante de desvios operacionais.

Conforme apontam estudos aplicados no setor sucroenergético, como discutido por Silva et al. (2021), a centralização das informações facilita o alinhamento entre as equipes de campo e a gestão, reduzindo falhas de comunicação e melhorando o desempenho das operações. Estudos do setor também indicam que sistemas de monitoramento podem gerar ganhos operacionais relevantes ao longo do tempo, aumentando a eficiência e reduzindo desperdícios (CONAB, 2025). A partir do monitoramento do consumo de combustível, do tempo de operação e da eficiência das máquinas, é possível reduzir o uso de recursos e minimizar impactos ambientais. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025), a busca por maior eficiência na produção de cana-de-açúcar está diretamente relacionada à adoção de tecnologias que promovam a sustentabilidade.

Além disso, a telemetria está inserida no contexto da agricultura de precisão, que busca otimizar o uso de insumos e melhorar o desempenho das operações agrícolas (Bachini, & Reis, 2026). Conforme Pereira et al. (2023), a integração de diferentes tecnologias, como sensores e sistemas de informação, potencializa os resultados obtidos com a telemetria e com os centros de operações.

No contexto regional, estados como São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul destacam-se na adoção da mecanização na cultura da cana-de-açúcar. Em especial, Mato Grosso do Sul tem apresentado crescimento expressivo no uso de tecnologias mecanizadas, impulsionado pela expansão do setor sucroenergético e pela modernização das unidades produtivas (CONAB, 2025). Esse avanço tem contribuído para o aumento da produtividade e para a consolidação do estado como um importante polo produtor nacional (UNICA, 2023).

2.2 Gargalos e a Eficiência operacional

Sob as discussões da Teoria das Restrições (Goldratt, 1990), os tempos improdutivos podem ser interpretados como gargalos internos do sistema, ou seja, limitações que reduzem a eficiência dos processos de produção. Segundo Goldratt (1990), o desempenho de um sistema é determinado pelo seu ponto mais fraco, e melhorias em outras partes do sistema não resultam necessariamente em aumento da eficiência global.

A eficiência operacional na cultura da cana-de-açúcar tem sido amplamente discutida na literatura científica ao longo dos últimos dez anos, principalmente em função da crescente mecanização e da necessidade de otimização dos sistemas produtivos (Brunini, & Petrucci, 2019; Nascimento et al., 2024). Esse conceito, embora aparentemente simples, envolve uma série de variáveis interdependentes, como desempenho de máquinas, condições ambientais, logística agrícola e gestão operacional (Brunini, & Petrucci, 2019)

Segundo Bordonal et al. (2018), a eficiência operacional pode ser definida como a relação entre o tempo efetivamente utilizado na operação e o tempo total disponível, sendo diretamente influenciada por interrupções, falhas mecânicas e fatores humanos. No entanto, essa definição, apesar de bastante aceita, muitas vezes não contempla toda a complexidade observada no campo, o que leva a interpretações um pouco divergentes entre os estudos mais recentes.

Ao analisar o trabalho de Brunini e Petrucci (2019), observa-se uma abordagem bastante prática da eficiência operacional em colhedoras de cana-de-açúcar. Os autores conduziram experimentos em diferentes áreas produtivas e verificaram que “a eficiência operacional média das máquinas analisadas variou entre 65% e 78%”, destacando que as principais perdas estavam associadas a paradas não programadas e à logística inadequada. O interessante desse estudo é que ele evidencia que, mesmo em condições relativamente controladas, a eficiência dificilmente atinge valores próximos de 100%, o que demonstra que há uma limitação intrínseca ao sistema mecanizado. Ainda assim, em alguns momentos os autores não deixam muito claro se essas perdas poderiam ser totalmente evitadas ou se fazem parte do próprio processo produtivo, o que gera uma certa dúvida na interpretação dos resultados.

No que se refere às perdas na colheita, o estudo de Sousa et al. (2022) indicam perdas em diferentes cenários produtivos. Os autores afirmam que “as perdas na colheita mecanizada podem ultrapassar 10% da produção total em áreas de alta produtividade”, o que é um valor bastante expressivo. Esse resultado indica que, paradoxalmente, áreas mais produtivas podem apresentar maiores desafios operacionais, devido ao maior volume de material processado pelas máquinas. No entanto, em alguns casos, os autores atribuem essas perdas exclusivamente à regulagem inadequada das colhedoras, sem considerar de forma mais aprofundada outros fatores, como variabilidade do terreno ou condições climáticas, o que pode limitar um pouco a abrangência da análise.

No contexto internacional, Higgins et al. (2016) abordaram a eficiência operacional a partir da perspectiva logística, analisando o sistema de transporte da cana-de-açúcar. Segundo os autores, “ineficiências no sistema de transporte podem reduzir em até 30% o tempo efetivo de operação das colhedoras”, principalmente devido à falta de sincronização entre colheita e transporte. Esse estudo reforça a ideia de que a eficiência operacional não depende apenas das máquinas, mas de todo o sistema produtivo. No entanto, ao focar principalmente no contexto australiano, os

resultados podem não refletir completamente a realidade brasileira, onde as condições de infraestrutura e organização produtiva são bastante distintas.

Outro ponto que merece destaque é o fator humano, frequentemente subestimado nos estudos sobre eficiência operacional. Mialhe (1996) já apontava que a capacitação dos operadores é fundamental para o bom desempenho das máquinas, sendo um dos principais determinantes da eficiência. No entanto, na prática, observa-se que muitos operadores não recebem treinamento adequado, o que resulta em uso ineficiente dos equipamentos e aumento das perdas. Esse problema, embora bastante conhecido, ainda persiste em muitas regiões produtoras.

Magalhães e Braunbeck (2013) também contribuíram significativamente para o entendimento da mecanização na cana-de-açúcar, destacando que a adoção de tecnologias avançadas não garante, por si só, o aumento da eficiência operacional. Segundo os autores, é necessário que haja uma integração entre tecnologia, manejo e gestão para que os ganhos potenciais sejam efetivamente alcançados. No entanto, em muitos casos, essa integração não ocorre de forma adequada, o que limita os benefícios da mecanização.

Neste contexto, o uso de tecnologias no meio rural pode agregar vantagens e trazer otimização no uso de insumos, controle de custos e favorecer melhores resultados e desempenho (Carvalho & Fonseca, 2025). Para Pereira et al. (2023), torna-se relevante analisar os índices de perdas e de consumo. Nesse contexto, a eficiência operacional pode ser entendida como a capacidade de utilizar os recursos disponíveis de maneira otimizada, reduzindo desperdícios e maximizando os resultados (Nascimento et al., 2024), sendo relevante reconhecer gargalos que interferem nos processos de produção e no desempenho organizacional.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza descritiva, com abordagem qualitativa, tendo como objetivo identificar os principais gargalos que interferem na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar de uma empresa do setor sucroalcoleiro do interior do Mato Grosso do Sul. De acordo com Gil (2008), a pesquisa descritiva tem como finalidade descrever características de determinado fenômeno ou população, estabelecendo relações entre variáveis sem, contudo, interferir diretamente nelas.

O ambiente da pesquisa é uma empresa do setor sucroenergético do Vale do Ivinhema, localizada no Mato Grosso do Sul (MS), permitindo a análise a das práticas operacionais e dos resultados obtidos em relação aos gargalos que interferem na eficiência da colheita da cana-de-açúcar. A coleta de dados foi realizada em dois períodos distintos, correspondentes às safras dos anos de 2024 e 2025, possibilitando a comparação temporal dos indicadores de eficiência operacional da colheita. São utilizados dados secundários fornecidos pela própria empresa (relatórios operacionais, indicadores de desempenho, a produtividade das máquinas, consumo de combustível, tempo de operação, entre outros).

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, por meio da interpretação dos indicadores operacionais e da identificação de padrões, variações e possíveis fatores explicativos para os resultados observados, buscando-se compreender os gargalos que influenciam na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar no contexto da empresa estudada. Os dados coletados foram organizados em Tabelas. Por fim, destaca-se que a pesquisa segue princípios éticos,

garantindo a confidencialidade das informações da empresa analisada, bem como a utilização dos dados exclusivamente para fins acadêmicos.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Para identificar a eficiência do processo produtivo foram identificadas as paradas do processo produtivo. Inicialmente buscou-se identificar a quantidade de dias trabalhados, que medem a eficiência do uso operacional das máquinas, tendo em vista que dias de chuva não são considerados úteis. Observou-se mensalmente que existem três gargalos que interferem na produtividade diária do processo de colheita da cana-de-açúcar (Dias de chuva, Processo na indústria e Parada agrícola), conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1
Gargalos observados no período

	Safra 2024	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Maio**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
	Dias úteis	-	-	18	18	21,5	26	22	23	19	15,2	17,9	-
	Eficiência operacional	-	-	59%	65%	65%	68%	69%	72%	72%	67%	59%	-
Tempo perdido	Chuva	-	-	7,7	12	7,9	0,2	7,1	5,1	8,1	4,23	10,3	-
	Indústria	-	-	1,3	0,6	0,84	2,6	1,7	1,4	1,5	1,4	1,52	-
	Parada agrícola	-	-	0,2	0,1	0,63	1,5	0,1	0,8	1,2	0,61	0,07	-
	Aguardando transbordo (969)	-	-	1,8	1,4	1,56	1,6	1,7	1,6	1,5	1,56	1,61	-
	Aguardando manobra transbordo (967)	-	-	4,5	3,1	3,11	2,8	2,6	2,1	2,4	3,36	3,96	-
	Manobra (187)	-	-	3,05	2,83	2,66	1,43	1,48	1,43	1,27	1,24	1,04	-
	Safra 2025	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Maio**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
	Dias úteis	-	6,2	23	6,2	23	21	26	26	22	10,2	11,2	18,6
	Eficiência operacional	-	70%	67%	62%	62%	74%	78%	79%	76%	75%	75%	76%
Tempo perdido	Chuva	-	1,9	5,8	24	6,27	7,8	2,1	2,4	3,6	19,9	17,8	11
	Indústria	-	0,3	1,5	0,2	0,97	0,5	1,8	1,8	3,6	0,76	0,97	1,38
	Parada agrícola	-	0,0	0,10	0,0	0,08	0,1	1,4	1,0	0,7	0,08	0,01	0,12
	Aguardando transbordo (969)	-	2,57	3,28	3,61	1,91	1,7	1,26	0,98	0,95	0,8	0,81	0,82
	Aguardando manobra transbordo (967)	-	1,79	1,42	1,64	1,46	1,45	1,31	1,28	1,33	1,4	1,35	1,3
	Manobra (187)	-	3,05	2,83	2,66	1,43	1,48	1,43	1,27	1,24	1,04	0,68	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise dos dados demonstra que a safra de 2025 teve início antecipado em comparação à safra de 2024, assim como apresentou um término posterior. Esse comportamento resultou em uma extensão do período safrista, evidenciada por indicadores de eficiência observados nos meses de fevereiro e dezembro. Tal cenário pode ser atribuído a um ano com maior índice pluviométrico, que ocasionou interrupções durante a colheita, exigindo, como estratégia compensatória, a ampliação da duração da safra.

No que se refere à eficiência operacional, seu cálculo considera diversas atividades inerentes ao ciclo produtivo das colhedoras de cana-de-açúcar. Entretanto, atividades não produtivas, como manobras e tempos de espera por transbordo, impactam negativamente esse indicador. Dessa forma, a melhoria da eficiência está diretamente relacionada à redução do tempo despendido nessas operações auxiliares, especialmente quando realizadas acima dos padrões recomendados. Quanto maior for o tempo destinado a essas atividades, menor será a eficiência operacional, uma vez que o equipamento deixa de executar sua função principal - a colheita, para atender a processos secundários.

A Tabela 1 evidencia que os menores índices de eficiência operacional estão associados a maiores tempos médios em atividades auxiliares, corroborando a relação entre esses fatores. Nesse contexto, a adoção de sistemas de colheita mais eficientes pode contribuir para a redução desses tempos e, consequentemente, para o aumento do desempenho operacional. No entanto, tais melhorias dependem de um planejamento integrado que abrange desde a organização das áreas até as práticas de plantio.

Em 2024, a empresa estabeleceu uma meta de 2,5 horas por dia por equipamento para o tempo de espera por transbordo. Contudo, os dados indicam um valor médio real de 3,08 horas, evidenciando que essa atividade excedeu o limite planejado ao longo da safra. As demais atividades não possuem metas previamente definidas, mas é importante ressaltar que a redução do tempo gasto em operações auxiliares contribui diretamente para o aumento da produtividade, ao possibilitar maior dedicação das colhedoras à atividade de colheita propriamente dita.

O aumento da eficiência operacional requer a implementação de medidas em diferentes etapas e setores da produção agrícola, demandando tempo e consistência no processo de adaptação. Embora a tabela apresente as principais atividades que impactam diretamente a eficiência, outras operações, como abastecimento, intervalos para refeição e trocas de turno, também influenciam o desempenho, ainda que não dependam exclusivamente do operador da colhedora. Por exemplo, a atividade de abastecimento frequentemente está condicionada à disponibilidade de equipamentos de apoio, como o comboio.

Porém para base de comparação e acompanhamento, a empresa utiliza o Quadro 1 a seguir como média de apontamento; nos dois anos de pesquisa (2024 e 2025) tanto na atividade aguardando manobra de transbordo quanto na manobra tiveram seus tempos excedidos ao ser comparado com os números usados como “meta”, este tipo de situação é o ponto chave para se trabalhar e melhorar ao longo das próximas safras. Esse mecanismo de comparação e acompanhamento deve ser realizado de forma contundia ao longo da safra, esperando que esses números se ajustem ao esperado e consequentemente melhore a eficiência operacional.

Atividades auxiliares	**Perspectiva**
Refeições (h)	0,09
Troca de Turnos (h)	0,24
Aguardando Transbordos (h)	1,74
Combustível/ Lubrificante	0,39
Lavagem	0,25
Higiene Pessoal	0,03
Troca de Faquinhas (h)	0,27
Mudança de área rodando (h)	0,00
Mudança de área prancha (h)	0,21

Manobra Colhedora (h)	1,32
Aguardando Manobra (h)	2,02

Quadro 1. Base de média para apontamento de atividades auxiliares
Fonte: Dados da pesquisa.

Ao se basear nas análises dos trabalhos bibliográficos revisados, observa-se que a eficiência operacional na cultura da cana-de-açúcar apresenta valores médios variando entre 60% e 80%. Conforme indicado por Brunini e Petrucci (2019), quando comparado com os dados da energética sucroalcoleiro pode-se observar que ela se encontra dentro do padrão dos outros trabalhos analisados. É importante destacar que, dentro desse conceito, em ambos os casos não são consideradas paradas por falhas mecânicas nem interrupções causadas por condições climáticas, como chuvas. Dessa forma, a eficiência operacional está diretamente associada ao tempo efetivamente utilizado na colheita em relação ao tempo disponível para operação, desconsiderando fatores externos ou inevitáveis. Ainda assim, mesmo com essa delimitação, os valores observados indicam que há uma parcela significativa de tempo perdido durante a operação, o que sugere a presença de gargalos operacionais importantes.

Sob a perspectiva da Teoria das Restrições (Goldratt, 1990), esses tempos improdutivos podem ser interpretados como gargalos internos do sistema, ou seja, limitações que reduzem o fluxo contínuo da operação de colheita. Entre os principais fatores identificados na literatura, destaca-se o tempo de manobra das colhedoras nas cabeceiras. Esse tipo de perda, embora muitas vezes negligenciado, pode representar uma parcela considerável do tempo operacional, especialmente em áreas com talhões irregulares ou mal planejados. De certa forma, isso mostra que o desenho da área agrícola pode influenciar diretamente a eficiência, o que nem sempre é considerado no planejamento inicial.

Outro ponto relevante refere-se ao tempo de deslocamento sem colheita, também conhecido como tempo vazio. Esse tipo de perda ocorre quando a máquina se desloca entre linhas ou talhões sem realizar efetivamente a operação de corte, reduzindo a eficiência global. Segundo Magalhães e Braunbeck (2013), sistemas com melhor planejamento de linhas e maior uniformidade tendem a apresentar menores tempos de deslocamento, aumentando a eficiência operacional. No entanto, na prática, observa-se que muitas áreas ainda apresentam desuniformidade, o que acaba contribuindo para esse tipo de gargalo.

A logística de transbordo também se apresenta como um dos principais fatores limitantes da eficiência operacional. Higgins et al. (2016) destacam que a falta de sincronização entre colhedoras e veículos de transporte pode gerar tempos de espera durante a operação, mesmo quando não há interrupção total da atividade. Ou seja, a máquina permanece em funcionamento, mas não está colhendo efetivamente, o que impacta diretamente a eficiência operacional. Esse tipo de situação é bastante comum em sistemas onde o planejamento logístico não acompanha a capacidade de colheita, criando um descompasso entre as etapas do processo.

Além disso, a velocidade operacional das colhedoras influencia diretamente a eficiência, não apenas em relação às perdas, mas também ao tempo efetivo de colheita. Conforme observado por Santos et al. (2019), existe um ponto ótimo de operação em que a máquina consegue manter um bom rendimento sem comprometer a qualidade da colheita. Quando a velocidade é reduzida, o tempo total da operação aumenta; por outro lado, quando é excessiva, podem ocorrer perdas que exigem retrabalho ou reduzem a eficiência do sistema. Assim, a escolha inadequada da

velocidade pode ser considerada um gargalo operacional, ainda que não seja imediatamente perceptível.

Outro fator importante é o tempo gasto com ajustes operacionais durante a jornada de trabalho, como regulagens da máquina, alinhamento de corte e pequenas intervenções que não caracterizam manutenção mecânica. Esses tempos, embora geralmente curtos, quando somados ao longo do dia podem representar uma parcela significativa do tempo improdutivo. Segundo Sousa et al. (2022) e Nascimento et al. (2024), a padronização das operações e o treinamento adequado dos operadores são fundamentais para reduzir esse tipo de perda, porém, na prática, isso nem sempre ocorre de forma consistente.

A variabilidade da lavoura também influencia a eficiência operacional. Conforme os gestores da empresa as áreas com falhas no estande, plantas acamadas ou variações no porte da cultura dificultam a operação contínua da colhedora, exigindo ajustes constantes e reduzindo o tempo efetivo de colheita. Nesse caso, a própria condição da lavoura atua como um gargalo do sistema, interferindo na fluidez da operação. É interessante notar que, mesmo sendo um fator agronômico, ele impacta diretamente o desempenho operacional.

Outro aspecto, se refere ao fator humano, que também desempenha um papel importante na eficiência operacional. Constatou-se que operadores menos experientes tendem a apresentar maior tempo de manobra, menor aproveitamento das linhas e maior necessidade de ajustes durante a operação. Isso indica que a eficiência não depende apenas da tecnologia disponível, mas também da habilidade e do treinamento dos operadores. Em alguns casos, mesmo com máquinas modernas, a eficiência permanece baixa devido à falta de capacitação adequada.

Ao relacionar esses fatores com a Teoria das Restrições, percebe-se que a eficiência operacional é limitada por múltiplos gargalos que atuam simultaneamente, como tempo de manobra, deslocamento vazio, falhas logísticas e variabilidade da lavoura. Segundo Goldratt (1990), o desempenho de um sistema é determinado pelo seu ponto mais fraco, e melhorias em outras partes do sistema não resultam necessariamente em aumento da eficiência global. No contexto da cana-de-açúcar, isso significa que investir apenas em máquinas mais modernas, por exemplo, pode não gerar ganhos significativos se os gargalos logísticos ou operacionais não forem resolvidos.

De maneira geral, os resultados indicam que os principais fatores que reduzem a eficiência operacional são: (i) tempo de manobra nas cabeceiras; (ii) deslocamento sem colheita; (iii) falta de sincronização com o sistema de transbordo; (iv) ajustes operacionais frequentes; (v) variabilidade da lavoura; e (vi) limitações relacionadas ao fator humano. Esses elementos, embora muitas vezes considerados secundários, têm impacto direto no desempenho das operações e devem ser tratados como pontos críticos no sistema produtivo.

Por fim, a discussão evidencia que a melhoria da eficiência operacional na cultura da cana-de-açúcar depende de uma abordagem sistêmica, que considere não apenas a tecnologia, mas também o planejamento agrícola, a logística e a capacitação dos operadores. A aplicação da Teoria das Restrições pode ser uma ferramenta útil para identificar e priorizar os gargalos mais relevantes, porém sua utilização ainda é limitada no setor. Assim, a superação desses desafios passa não apenas pela adoção de novas tecnologias, mas também por mudanças na forma de gestão das operações, o que, de certa forma, ainda ocorre de maneira um pouco desorganizada em algumas unidades produtivas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve por objetivo identificar os principais gargalos que interferem na eficiência operacional da colheita da cana-de-açúcar de uma empresa do setor sucroalcoleiro do interior do Mato Grosso do Sul. A análise da eficiência operacional na cultura da cana-de-açúcar evidencia que, mesmo em sistemas altamente mecanizados, ainda existem limitações significativas relacionadas principalmente à organização das operações e ao aproveitamento do tempo produtivo. Ao considerar apenas os tempos efetivos de colheita, desconsiderando paradas mecânicas e fatores climáticos, fica claro que grande parte das perdas está associada a falhas operacionais internas, como manobras excessivas, deslocamentos sem colheita, desajustes operacionais e ineficiências logísticas.

A identificação de gargalos no processo de colheita da cana-de-açúcar permitiu identificar como eles atuam e impactam a produtividade do sistema operacional, limitando o desempenho global das operações. De maneira geral, os resultados indicam que os principais fatores que reduzem a eficiência operacional da empresa estudada estão relacionados ao: (i) tempo de manobra nas cabeceiras; (ii) deslocamento sem colheita; (iii) falta de sincronização com o sistema de transbordo; (iv) ajustes operacionais frequentes; (v) variabilidade da lavoura; e (vi) limitações relacionadas ao fator humano. Esses elementos, embora muitas vezes considerados secundários, têm impacto direto no desempenho das operações e devem ser tratados como pontos críticos no sistema produtivo.

Nesse sentido, não basta investir apenas em tecnologias ou equipamentos mais modernos, pois a eficiência operacional depende de uma integração adequada entre planejamento agrícola, logística e capacitação da mão de obra. Em muitos casos, pequenas melhorias nesses pontos podem gerar ganhos mais expressivos do que grandes investimentos em mecanização.

Além disso, observa-se que a variabilidade da lavoura e o fator humano continuam sendo elementos críticos, muitas vezes negligenciados na gestão operacional. A falta de padronização das áreas e a deficiência no treinamento dos operadores contribuem para a manutenção de níveis de eficiência abaixo do potencial esperado. Isso demonstra que a eficiência operacional é um resultado sistêmico, e não apenas técnico. Portanto, conclui-se que a melhoria da eficiência operacional na cultura da cana-de-açúcar exige uma abordagem integrada, com foco na identificação e correção dos principais gargalos do processo de colheita. Os achados corroboram com gestores e empresas do setor, evidenciando que à adoção de práticas de gestão mais eficientes, aliada ao uso racional da tecnologia, tende a ser o caminho mais viável para aumentar o desempenho das operações e garantir maior competitividade ao setor sucroenergético.

Para pesquisas futuras recomenda-se observar o resultado financeiro dos custos relacionados aos gargalos identificados no processo de cultivo e colheita da cana-de-açúcar. Bem como, podem analisar resultados entre empresas do mesmo segmento, vidando qualificar os dados e identificar aprendizagens para o benchmarking das empresas sucroalcooleiras.

REFERÊNCIAS

Bachini, M. S., & Reis, G. N. (2026). Implantação do sistema de telemetria para monitoramento de máquinas no setor sucroenergético. *Gestão e Gerenciamento*, (38).

Bordonal, R. D. O., Carvalho, J. L. N., Lal, R., Figueiredo, E. B., De Oliveira, B. G., & La Scala Jr, N. (2018). Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agronomy for sustainable development*, *38*(2), 13.

Brasil. *Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998.* Regulamenta o uso do fogo em práticas agropastoris. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 9 jul. 1998.

Brasil. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.* Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Código Florestal). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 28 maio 2012.

Brunini, R. G., & Petrucci, M. N. C. (2019). Eficiência operacional de colhedoras de cana-de-açúcar em diferentes condições de campo. *Revista Agrarian*, 12(45), 234–245.

Carvalho, S. A. D., & Fonseca, A. C. F. (2025). Agricultura de precisão e novas tecnologias: impactos e desafios no setor sucroenergético. *Desafio Online*, *13*(2), 121-142. https://doi.org/10.55028/don.v13i2.19616

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. (2026). *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: safra 2025/26*. Brasília. Recuperado de: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cana-de-acucar

D'Alessandro, A., & Cavichioli, F. (2024). *Produção sucroenergética no Brasil: evolução e perspectivas.* São Paulo: Editora Acadêmica, 2024.

Dias, H. B., & Sentelhas, P. C. (2018). Impactos das condições climáticas na produtividade da cana-de-açúcar no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(2), 192–204.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.* São Paulo, SP: Atlas. p.75-88.

Goldemberg, J., Coelho, S. T., & Guardabassi, P. (2011). The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Renewable Energy,* 3(6), 2086–2097.

Goldratt, E. M. (1990). *A meta: um processo de melhoria contínua.* São Paulo: Nobel.

Higgins, A., Antony, G., & Sanders, I. (2016). Optimising sugarcane harvest logistics in Australia. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 104-112.

Magalhães, P. S. G., & Braunbeck, O. A. (2013). Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: evolução e desafios. *Engenharia Agrícola,* 33(2), 215–226.

Manfrenato, J. T. (2022) Impactos da legislação ambiental na cultura da cana-de-açúcar no Brasil. *Revista de Direito Ambiental e Agrário*, 7(1), 45–60.

Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2022). Digitalization of project management: Opportunities in research and practice. *Project leadership and society*, *3*, 100061. https://doi.org/10.1016/j.plas.2022.100061

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2025). *Projeções do agronegócio: Brasil 2020/2021 a 2030/2031.* Brasília. Recuperado de: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2020-2021-a-2030-2031.pdf/view

Mialhe, L. G. (1996). *Máquinas agrícolas: ensaios e certificação.* Piracicaba: FEALQ.

Nascimento, D. P., Fischer Filho, J. A., & Bueno, M. P. (2024). Prospecção tecnológica de mecanismos desenvolvidos para colhedora de cana-de-açúcar. *Estudios Rurales*, *14*(30), 1-20. https://doi.org/10.48160/22504001er30.528

Oliveira, O. H. D., Pinto, M. C., Barboza, J. B., Simões Neto, D. E., Dutra Filho, J. D. A., Souto, L. S., ... & Souza, A. D. S. (2020). Produção de biomassa de cana-de-açúcar em fase de estabelecimento. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, *7*(17), 1379-1389.

Pereira, D. C., Fernandes, L. F. S., & Fernandes, D. (2023). As vantagens da utilização de drones no agronegócio e na agricultura de precisão. *Revista Alomorfia*, *7*(2), 705-716.

Reis, G. N., & Alves, M. C. (2014). Transição da colheita manual para mecanizada na cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(4), 389–395.

Santos, J. R., Miranda, A. T. O., Cardoso, D. D., Santos, B. T., Amaro, H. T. R., & Porto, E. M. V. (2019). Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar em função da velocidade de trabalho da colhedora. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, *24*(2).

Silva, D. L. G., Batisti, D. L. S., Ferreira, M. J. G., Merlini, F. B., Camargo, R. B., & Barros, B. C. B. (2021). Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. *Research, Society and Development*, *10*(7), e44410714163-e44410714163.

Sousa, J. R., Reis, G. N., & Silva, M. A. (2022). Perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em diferentes produtividades. *Revista Energia na Agricultura*, 37(2), 150–162.

União da Indústria de Cana-de-Açúcar - UNICA. (2026). *Setor sucroenergético no Brasil: histórico e evolução*. São Paulo: UNICA. Recuperado de: https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/