

METODOLOGIA RCM APLICADA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS: UM ESTUDO DE CASO

RCM METHODOLOGY APPLIED AS A STRATEGY TO IMPROVE THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF AGRICULTURAL MACHINERY: A CASE STUDY

Antônio Braz Lopes Filho^{1*} , Isabel Cristina Alves Pereira Guerras² , Sheldon William Silva³ 

¹ Bacharel em Administração. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista.

antoniolopestm@yahoo.com.br

² Especialista em Gestão com ênfase em Tecnologia e Inovação. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí

isabelquerraluz@gmail.com

³ Doutor em Administração. Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da área de Administração no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista.

sheldon.silva@ifmg.edu.br

Detalhes editoriais:

Double-blind review system

Relatos de pesquisa.

Histórico do artigo:

Recebido: 12 de novembro de 2024.

Revisado: 13 de novembro de 2024.

Aceito: 02 de janeiro de 2025.

Publicado online: 04 de março de 2025.

Editor-chefe:

Rodrigo Franklin Frogeri 

Editor-convidado:

Pedro dos Santos Portugal Júnior 

Fomento:

Este estudo não foi fomentado.

Cite como:

Lopez Filho, A. B.; Guerra, I. C. A. P.; Silva, S. W. Metodologia RCM Aplicada como Estratégia de Melhoria da Eficiência Operacional de Máquinas Agrícolas: um estudo de caso. (2025). *Mythos*, v. 22, 1, 244-261.

<https://doi.org/10.36674/mythos.v22i1.942>

*Autor correspondente:

Antônio Braz Lopes Filho

antoniolopestm@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo visa responder ao seguinte questionamento: como a aplicação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade pode ser estratégica, no quesito melhoria da eficiência operacional, para o setor de manutenção de máquinas agrícolas da indústria canavieira? Seu objetivo geral consiste em demonstrar como esta metodologia, pode contribuir para a maior efetividade dos equipamentos, por meio da implantação de Planos de Manutenção e a sua influência na performance dos equipamentos. A proposta desse trabalho está centrada na redução de custos, burocracia e complexidade. A metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica e de um estudo de caso. Este trabalho averigua como a aplicação da metodologia RCM pode cooperar para melhorar a eficiência operacional na área de manutenção de máquinas agrícolas dentro da indústria canavieira. Tal pesquisa fundamenta-se em uma combinação de revisão bibliográfica e estudo de caso aplicado, avaliando os resultados de duas safras consecutivas, sendo estas safras: (22/23 e 23/24). Com base em um sistema integrado de gestão de manutenção, o trabalho implementou planos mais estruturados de manutenção e fez o monitoramento de indicadores-chave para área estudada. A metodologia mostrou impactos positivos na disponibilidade física dos equipamentos, bem como, a redução de custos de manutenção e o aumento da confiabilidade das operações. Esta pesquisa destaca o papel estratégico da RCM na otimização da gestão de ativos, promovendo maior sustentabilidade no ramo. Conforme as análises realizadas, concluiu-se que o objetivo principal deste trabalho foi alcançado, uma vez que foi possível demonstrar

como a metodologia aplicada pode contribuir para a maior efetividade dos equipamentos, através da implantação de Planos de Manutenção e a sua influência na performance dos equipamentos. Verificou-se o aumento da Disponibilidade Física, na safra 23/24 em relação à safra anterior, sendo este aumento de 6% em colhedoras e 3,9% em tratores. Como resultados ainda se constatou um aumento de 7,45% no indicador de aderência à programação de manutenção na safra 23/24, em relação à safra 22/23.

Palavras-Chave: equipamento agrícola, manutenção de máquina, confiabilidade operacional, indicador de performance.

ABSTRACT

This study aims to address the following question: How can the application of the Reliability-Centered Maintenance (RCM) methodology be strategically beneficial in improving operational efficiency in the agricultural machinery maintenance sector of the sugarcane industry? Its general objective is to demonstrate how this methodology can contribute to greater equipment effectiveness through the implementation of Maintenance Plans and their influence on equipment performance. The study focuses on reducing costs, bureaucracy, and complexity. The research methodology consists of a bibliographic review and a case study. This study investigates how the application of the RCM methodology can help improve operational efficiency in the agricultural machinery maintenance sector within the sugarcane industry. The research is based on a combination of literature review and applied case study, evaluating the results of two consecutive harvest seasons (22/23 and 23/24). Using an integrated maintenance management system, the study implemented more structured maintenance plans and monitored key performance indicators in the analyzed sector. The methodology demonstrated positive impacts on equipment availability, as well as a reduction in maintenance costs and an increase in operational reliability. This research highlights the strategic role of RCM in optimizing asset management, promoting greater sustainability in the industry. Based on the conducted analyses, it was concluded that the main objective of this study was achieved, as it successfully demonstrated how the applied methodology can enhance equipment effectiveness through the implementation of Maintenance Plans and their influence on equipment performance. A 6% increase in Physical Availability was observed for harvesters and a 3.9% increase for tractors in the 23/24 harvest season compared to the previous season. Additionally, a 7.45% increase was recorded in the maintenance schedule adherence indicator in the 23/24 season compared to the 22/23 season.

Keywords: agricultural equipment, machine maintenance, operational reliability, performance indicator.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade do mundo globalizado, as empresas têm demandado cada vez mais por modelos de manutenção que sejam eficientes, sustentáveis e com foco em qualidade, aumentando a disponibilidade física dos equipamentos. Analisando o ambiente de usina canavieira, o setor de manutenção desempenha um importante papel e para que este setor utilize de forma mais otimizada tempos e recursos, é indispensável a implantação e controle rigoroso de indicadores de desempenho de processos. Com tal iniciativa, espera-se obter mais visibilidade dos processos e a capacidade de tomar decisões mais informadas e baseadas em dados, dispostos em indicadores pré-estabelecidos.

Considerando que o gerenciamento de manutenção é administrar, de forma inteligente, os recursos materiais/serviços, mão de obra e equipamentos, tal processo é muito complexo no dia a dia das empresas, pois engloba vários fatores, tais como: mapeamento de processos, análise da necessidade de aquisições de novos equipamentos, processos de compra, transportes, recebimento e armazenagem, movimentação interna, controle dos estoques, entrega dos materiais aos usuários, baixa de estoques no sistema, rastreabilidade dos materiais aplicados nos equipamentos mantidos, acompanhamento diário dos serviços programados versus realizados.

Nesse cenário, a gestão estratégica da manutenção é fundamental para uma organização, pois interfere, diretamente, de forma negativa ou positiva, em seus resultados financeiros, independentemente do tamanho da empresa. Dessa forma, o estudo pretende responder ao seguinte questionamento: *como a aplicação da metodologia RCM pode ser estratégica, no quesito melhoria da eficiência operacional, para o setor de manutenção de máquinas agrícolas da indústria canavieira?* Desse modo, o objetivo geral consiste em demonstrar como a RCM, (Manutenção Centrada na Confiabilidade), pode contribuir para a maior efetividade dos equipamentos por meio da implantação de Planos de Manutenção e a sua influência na performance dos equipamentos.

Este trabalho está estruturado em quatro etapas: na primeira etapa são abordados vários conceitos sobre manutenção industrial, processos de melhoria contínua, indicadores e gestão estratégica de manutenção; na segunda parte são apresentados detalhes do local do estudo de caso e as respectivas ferramentas de gerenciamento de manutenção, utilizadas pela empresa, objeto desta pesquisa; na terceira etapa são mostradas as análises dos dados coletados e por último, na quarta etapa, a conclusão da pesquisa.

A pesquisa preconiza a inovação. De acordo com Bes e Kotler (2011), inovar está intimamente ligado a como gerar riqueza por meio das soluções de um problema específico. Isso pode ser feito para produtos e processos novos, que ainda entrarão no mercado ou para produtos e processos já existentes. A inovação de processo consiste em uma modificação nos processos de funcionamento do negócio, sejam métodos de fabricação, manutenção ou métodos de prestação de um serviço. A proposta desse trabalho está centrada na redução de custos, burocracia e complexidade, visando aumentar a confiabilidade da manutenção, produtividade a qualidade final do serviço.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução do Conceito e da Prática da Gestão de Qualidade

De acordo com os estudos de Carpinetti e Gerolamo (2016), a gestão da qualidade total ou TQM (Total Quality Management) é uma abordagem metódica, que visa garantir o atendimento das expectativas dos clientes em relação a produtos e serviços, bem como, o cumprimento de normas regulamentadoras. Desde a Revolução Industrial, houve uma evolução desta abordagem sobre gestão de qualidade total, com contribuições extraordinárias de estudiosos como: Philip Crosby, William Edwards Deming e Joseph Juran, que ressaltaram a importância da qualidade em praticamente todas as etapas dos processos produtivos.

Conforme dados contidos na ISO 9001 (2015), os princípios fundamentais da gestão da qualidade abrangem: (i) Foco no Cliente: quando o contentamento e superação das expectativas dos clientes são tidos como

prioridades; (ii) Liderança: quando a liderança estabelece a integração de alvos nas empresas; (iii) Envolvimento das Pessoas: ato de valorizar e capacitar os colaboradores, de forma que contribuam efetivamente com as organizações; (iv) Abordagem por Processos: visão de que a gestão de atividades e recursos devem ser processos inter-relacionados; (v) Melhoria Contínua: conceito de que todos os produtos e processos devem passar por constantes aprimoramentos; (vi) Tomada de Decisões Baseada em Evidências: entendimento de que todas as decisões devem ser baseadas em análises de dados e informações concisas; e, (vii) Gestão de Relacionamentos: visão de que os relacionamentos devem ser benéficos com as partes interessadas, stakeholders.

A prática da gestão da qualidade total (TQM), propõe o aumento da eficiência operacional, a redução de desperdícios, a promoção da melhoria contínua e o aumento da satisfação do cliente, conforme (ISO 9001, 2015). Um desses métodos, conforme Lafraia, (2001), consiste na análise de modos de falhas e efeitos (FMEA). Esse modelo consiste em um procedimento metódico para a avaliação de um processo com o objetivo de identificar onde e como este processo pode falhar e posteriormente, avaliar o impacto respectivo de diferentes falhas, com o alvo de identificar as partes do processo que mais necessitam de mudanças e/ou melhorias, ajudando, assim, a determinar ações corretivas necessárias.

Kardec e Nascif (2009), categorizam os tipos de manutenção de maneira que pode ser resumida no quadro 01, a seguir:

Quadro 01

Tipos de manutenção

Tipo de Manutenção	Descrição
Manutenção Corretiva	É a reparo de uma máquina após uma inconsistência ou falha total.
Manutenção Preventiva	É um conjunto de ações planejadas, em intervalos predeterminados, com base na vida útil dos componentes, voltada para redução da probabilidade de falhas.
Manutenção Preditiva	Tem como objetivo principal antecipar e encontrar a causa raiz de problemas em equipamentos.
Manutenção Detectiva	A detectiva trabalha com sistemas de proteção, com o principal objetivo de ajudar no diagnóstico, buscando detectar falhas ocultas ou imperceptíveis à equipe de operação e da manutenção.
Manutenção Proativa	A proativa é uma abordagem de gestão de ativos, que se concentra na prevenção de falhas e na antecipação de problemas antes que eles causem interrupções na produção por corretivas inesperadas.
Manutenção Estratégica	Visa a otimização de recursos. É um modelo abrangente de como as empresas minimizam o tempo de inatividade, mantêm os custos de manutenção bem geridos e garantem que suas fábricas trabalhem conforme sua capacidade.

Fonte: Kardec e Nascif (2009)

Conforme Siqueira (2012), a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), também conhecida como: RCM (Reliability Centered Maintenance), é uma metodologia estruturada e metódica, para determinar os imperativos de manutenção de ativos físicos, em termos operacionais. Ainda de acordo com o autor, a RCM foi desenvolvida em 1960, na indústria aeronáutica e desde então, vem sendo inserida em diversos

seguimentos industriais, assim como: setor de petróleo e gás, mineração, setor de manufatura, setor de energia, setor ferroviário, entre outros.

A integração entre RCM e a Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA), pode contribuir para identificar e priorizar determinadas ações relativas à manutenção, que irão aumentar a segurança dos sistemas e a confiabilidade dos equipamentos e operações. Através da FMEA é possível se obter uma análise detalhada dos modos de falha, enquanto a RCM aproveita os resultados destas análises em prol do desenvolvimento de estratégias de manutenção mais eficazes. O objetivo principal da RCM é a preservação das funções do sistema, enquanto na manutenção tradicional é preservar somente o equipamento, destacando-se a importância dos indicadores (LAFRAIA, 2006).

Conforme Teles (2022), os indicadores de manutenção são métricas essenciais para avaliar e monitorar a eficácia e a eficiência das atividades de manutenção. Os indicadores de manutenção ajudam a manutenção na mensuração do desempenho, no apoio à tomada de decisão e na identificação de problemas. Nesse contexto, os planos de manutenção fazem parte das estratégias de manutenção, para que haja segurança operacional do sistema. Nesse sentido, a implementação do plano de manutenção visa o cumprimento das estratégias de manutenção e constante monitoramento dos resultados obtidos, através de indicadores de manutenção e sua programação.

Conforme Teles (2022), a programação de serviços de manutenção é uma etapa extremamente importante no planejamento e controle da manutenção. Etapas que envolvem: a elaboração de um cronograma minucioso das atividades a serem realizadas. O cumprimento da programação de serviços é uma métrica que mostra a eficácia da execução do cronograma de manutenção planejado. Este indicador de manutenção pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Cumprimento da Programação (\%)} = \left(\frac{\text{Número de Ordens de Serviço Executadas}}{\text{Número de Ordens de Serviço Planejadas}} \right) \times 100$$

Fonte: Teles (2022)

A aplicação da RCM em Máquinas de Colheita tem alguns estudos relacionados à indústria canavieira. Gomes e Ferreira (2021) fizeram um estudo relacionado à implementação da RCM em colhedoras de cana-de-açúcar. Tal estudo mencionou análises de falhas periódicas nos sistemas de corte de cana e transmissão, onde foi desenvolvido estratégias de manutenção peculiares para esses compartimentos das máquinas. Conforme os resultados obtidos pelos autores, a aplicação da RCM mostrou uma redução das quebras durante o processo de colheita, trazendo maior eficiência operacional ao processo agrícola.

Silva et al. (2020) analisaram a aplicação da RCM em tratores agrícolas. Nesta pesquisa, os autores identificaram modos de falha críticos, sendo estas falhas no motor e no sistema hidráulico. Como medida preventiva, foi implantado um plano de manutenção. Obtiveram como resultado, uma redução expressiva no tempo de ociosidade dos equipamentos, objetos do estudo e houve também um aumento na eficiência operacional dos tratores.

Ainda em relação às falhas, Santos et al. (2019), realizaram um estudo na indústria de processamento de alimentos, onde a RCM foi implantada em equipamentos de maior criticidade para o processo, como misturadores. Este estudo mostrou que a análise dos modos de falhas e a instauração de manutenção preditiva, teve como resultado uma diminuição das paradas para corretivas e teve também uma melhoria na qualidade do produto. Constatou-se o aumento da eficiência operacional, gerando-se assim menores custos operacionais para a organização.

Para Kardec e Lafraia (2002), a manutenção também deve ter uma gestão estratégica e deve estar voltada para os resultados da empresa e é necessário que se busque não apenas a eficiência, mas a eficácia em seus processos, ou seja, além de reparar os equipamentos e instalações em tempo hábil, deve-se oferecer confiabilidade e disponibilidade deles para a operação. Corroborando, Lopes e Marques Filho (2023), a

manutenção de equipamentos agrícolas é fundamental para sustentar a continuação das operações de uma empresa, também contribui para evitar perdas na produção e assegurar a otimização do uso de recursos.

Conforme Moubay (2000), os grandes desafios referentes às falhas das máquinas incluem: a diversidade das condições operacionais, complicação dos sistemas eletrônicos e mecânicos, e principalmente a necessidade de peças de reposição e mão de obra qualificada. Ainda segundo o autor, a implantação de metodologias como a RCM ajuda a amenizar esses problemas, trazendo uma abordagem sistemática e mais para a área de manutenção, contribuindo assim, para o melhoramento da confiabilidade e da eficiência do maquinário agrícola.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo demonstrar como a RCM pode contribuir para a maior efetividade dos equipamentos, através da implantação de Planos de Manutenção e a sua influência na performance dos equipamentos. Desse modo, este trabalho científico, vale de uma pesquisa bibliográfica, que conforme Gil, (2008), é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos e pesquisa aplicada, que segundo ao autor, incide na realização de trabalhos originais e tem a finalidade de aquisição de novos conhecimentos, porém, orientada primariamente para um determinado objetivo prático, que é a RCM como ferramenta estratégica.

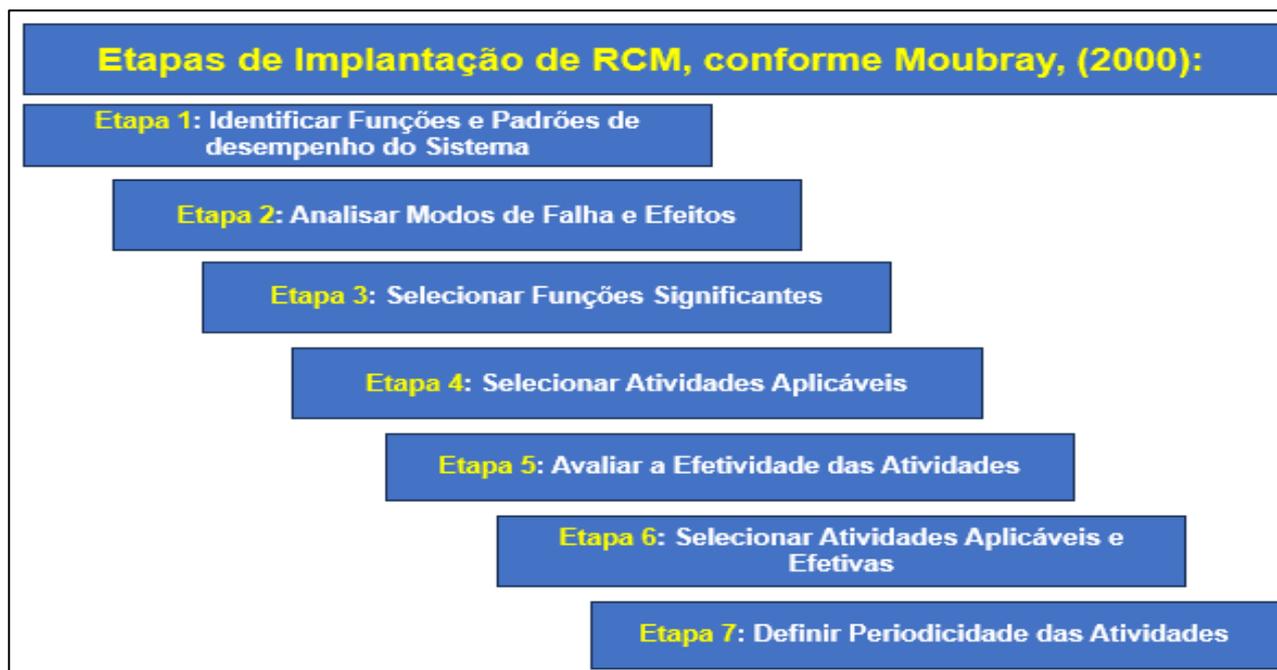
Neste trabalho, considerou-se os seguintes aspectos em sua construção:

- Coleta de dados: A coleta baseou-se em um banco de dados interno, da organização estudada, do sistema SAP ERP, compreendendo os históricos de desempenho, de custos e das paradas dos equipamentos, durante as safras 22/23 e 23/24.
- Instrumentos de análise: Utilizou-se gráficos de Pareto, indicadores de manutenção, tais como: aderência à programação, disponibilidade física e foram realizadas análises comparativas.
- Procedimentos: A implantação da RCM seguiu sete etapas descritas por Moubay (2000), integrando análises de modos de falha (FMEA).

O processo para implantar a RCM na manutenção de um sistema ou equipamento, resume-se em sete etapas, de acordo com Moubay, (2000):

Figura 1

Etapas de implantação de RCM



Fonte: Moubrey (2000).

Conforme Moubrey, (2000), a função principal de um item físico está associada, principalmente, à razão pela qual o item foi adquirido, que geralmente é uma e não mais do que três funções principais. As outras funções, além das principais, são chamadas de funções secundárias e podem ser divididas nas seguintes categorias: Integridade ambiental; segurança e integridade estrutural; controle e conforto; aparência; economia e eficiência e supérfluas.

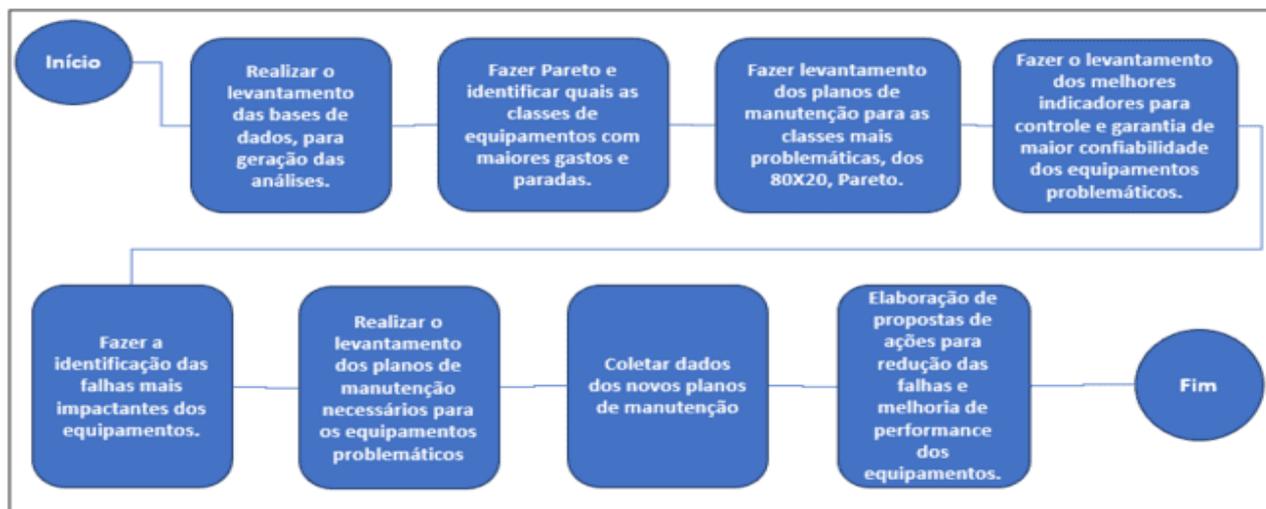
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para preservação de dados confidenciais, a empresa, objeto deste estudo, não foi mencionada. A gestão da organização autorizou a coleta de dados para a elaboração desta pesquisa. O instrumento para coleta de dados consiste no aproveitamento de banco de dados de históricos dos equipamentos da área objeto deste estudo, no setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), por meio SAP ERP (Sistema Integrado).

Esta pesquisa tem um abaloamento de estudo de caso e consiste na análise de base de dados referente às safras 22/23 e 23/24, compreendendo um período relativo a 2 (dois) anos. As etapas da pesquisa estão representadas na figura 2.

Figura 2

Fases do desenvolvimento da pesquisa (Fluxograma)



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Máquinas e Implementos Agrícolas Utilizados na Cana de açúcar

Com a inclusão de equipamentos e implementos agrícolas na condução da cultura da cana de açúcar, as fontes de potência se adaptaram melhor, bem como treinamento dos operadores e padronização das atividades e processos. A mecanização dos canaviais e evoluções tecnológicas de manejo, contribuem para que os custos de produção no Brasil, se tornem mais baixos, de acordo com MENDES (2020).

Podemos separar em 04 (quatro) atividades, as operações realizadas na cultura da cana de açúcar:

1. Preparo do solo: calagem, gessagem, subsolagem, aração e gradagem
2. Plantio: sulcação, adubação, inserção das mudas, cobertura dos sulcos
3. Tratos Culturais: cultivo e tríplice operação
4. Colheita e transporte: corte da cana, transbordos e caminhão

As figuras 2 e 3 ilustram os principais equipamentos foco desta pesquisa: colhedoras de cana de açúcar e tratores de pneu.

Conforme MENDES (2020), o processo de colheita é fundamental para o sucesso da atividade canieira e citamos como exemplo a colhedora modelo: CH670 da John Deere. A colhedora CH670, da John Deere, consegue realizar a colheita de duas linhas de cana no espaçamento alternado (0,90m x 1,50m). Possui suporte para agricultura de precisão, como piloto automático e sistema *EconoFlow*, que permite que os sistemas de alimentação, limpeza e hidráulico sejam mais competentes, garantindo o fluxo mais constante da cana até o picador.

Figura 3

Colhedoras de cana de açúcar



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para as operações de plantio, corte e colheita da cana, tratores da ordem de 200cv a 250cv, são muito utilizados conforme o tamanho das plantadoras e com a capacidade de carga dos transbordos utilizados em cada fazenda.

Alguns tratores presentes no mercado merecem destaque pela sua eficiência e robustez no campo e podemos citar como exemplo: a marca/modelo da John Deere, série 7J, (200cv - 230cv).

Figura 04

Trator de Pneu



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para início desta pesquisa, adquirimos uma base em Excel, atualizada semanalmente, pela equipe de engenharia, contendo todos os planos de manutenção dos equipamentos da área em estudo, compreendendo o período entre abril de 2022 e abril de 2024, relativos, respectivamente às safras SF22/23

e SF23/24. Esta base é de grande importância para o setor de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), pois através dela, é possível identificar quais equipamentos já possuem Planos de Manutenção e quais ainda precisam ser elaborados. Também é possível separar por categorias de equipamentos, para uma análise mais detalhada.

A figura 05 apresenta os dados coletados no primeiro levantamento de planos de manutenção na área.

Figura 5

Base de dados para geração das análises

Equipamento	Denominação do objeto técnico	Número de série do fabricante	Status usuário	Ano de c	Classe operacional do veículo	QTD Planos
300043	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JCBH000385	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	4
300045	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JPFH004249	ATIV		2.015 TRATOR PNEU	4
300049	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JPFH004221	ATIV		2.015 TRATOR PNEU	4
300052	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JKFH004219	ATIV		2.015 TRATOR PNEU	4
300053	TRATOR PNEU VALTRA BM 110	M110295157	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	4
300055	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JAFH004243	ATIV		2.015 TRATOR PNEU	4
300063	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BN7225JJBH000425	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	4
300066	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7225J	1BM7225JABH000445	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	4
300068	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7815	BM7815X070120	ATIV		2.007 TRATOR PNEU	4
300069	TRATOR PNEU VALTRA A850	AAAT2005EBN007351	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	4
300071	TRATOR PNEU JOHN DEERE 7815	BM7815X070124	ATIV		2.007 TRATOR PNEU	4
300072	TRATOR VALTRA A850 4X4 85CV	AAAT2005CBM007366	ATIV		2.011 TRATOR PNEU	0
400141	COLHEDORA CANA JD CH570 01 LINHA	1NWCS70HAMT220059	ATIV		2.022 COLHEDORA DE CANA	5
400142	COLHEDORA CANA JD CH570 01 LINHA	1NWCS70HAMT220112	ATIV		2.022 COLHEDORA DE CANA	5
400143	COLHEDORA CANA JD CH570 01 LINHA	1NWCS70HTNT220247	ATIV		2.022 COLHEDORA DE CANA	6
400146	COLHEDORA CANA JD CH570 01 LINHA	1NWCS70HPPT230121	ATIV		2.023 COLHEDORA DE CANA	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A Figura 6 ilustra a base de dados utilizada para gerar as análises de custos e horas de paradas de manutenção. Esta base é extraída do sistema de gerenciamento de manutenção SAP e a atualização dela é diária. Através desta base é possível extrair os gastos por categorias, por componentes e por áreas específicas, gerando assim, o indicador de Perfil de Perdas.

Figura 6

Base de dados para levantamento de custos e falhas por classes de equipamentos

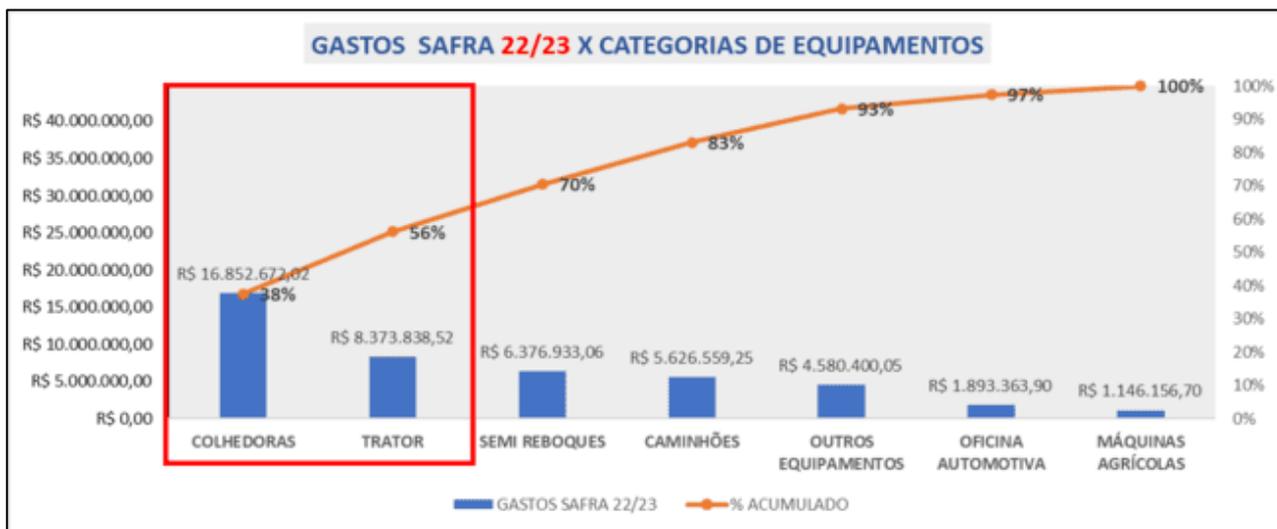
Frota	Ordem	Descrição	Início avaria	Hora início avaria	Fim da avaria	Texto code para codificação	SISTEMA	COMPONENTE	Texto de code para problem	Texto da causa	CUSTO ORDEM	TIPO
400010	60637653	TROCAR MOTOR CHARLY	09/05/2022	07:13:28	16/05/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	TREM DE ROLO	Danificado	TROCAR MOTOR C	69	COLHEDORAS
400108	60638519	VAZAMENTO NA CAIXA DE	20/05/2022	17:30:59	24/05/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	CAIXA 4 FUIROS	Vazamento	VAZAMENTO NA CA	0	COLHEDORAS
400038	60639288	TROCA DE OLEO E FILTRO	30/05/2022	14:59:55	02/06/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	FILTRO	Danificado		2.387	COLHEDORAS
400040	60638398	TROCA BOMBA M51	20/05/2022	01:50:00	22/05/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	CORTE DE BASE	Danificado	TROCAR MOTOR D	278	COLHEDORAS
400012	60651813	TROCAR VALVULA DE REG	04/11/2022	20:39:53	07/11/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	REGULADOR TOLE	Danificado	TROCAR VALVULA	0	COLHEDORAS
400070	60641148	REPARAR PISTÃO DO GIR	20/06/2022	15:58:52	22/06/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	ELEVADOR	Danificado	REPARAR PISTÃO	912	COLHEDORAS
400082	60644509	TROCAR CILINDRO DO GI	01/08/2022	07:00:00	02/08/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	ELEVADOR	Danificado		3.935	COLHEDORAS
400068	60635229	TROCAR RETENTOS DAS	11/04/2022	17:40:00	13/04/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	HIDRÁULICO	Vazamento		578	COLHEDORAS
400114	60653590	VAZAMENTO NO EXTRATO	24/11/2022	15:48:47	26/11/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	EXTRATOR PRIMÁRI	Vazamento	VAZAMENTO NO EX	0	COLHEDORAS
400040	60639155	SANAR VAZAMENTO DO C	29/05/2022	04:45:25	30/05/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	CORTE DE BASE	Danificado	SANAR VAZAMENT	348	COLHEDORAS
400068	60648300	TROCA REPARO MOTOR D	16/09/2022	00:10:00	17/09/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	MOTOR DE RODA	Desgaste Normal		2.253	COLHEDORAS
400070	60650108	TROCAR SENSOR NIVEL D	10/10/2022	09:57:06	11/10/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	CAIXA HIDRÁULICA	Verificar	AGUARDANDO PE	1.716	COLHEDORAS
400012	60651077	TROCAR PISTÃO E PINO D	25/10/2022	18:32:00	26/10/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	ELEVADOR	Danificado	TROCAR PISTÃO E	214	COLHEDORAS
400070	60636268	VERIFICAR SISTEMA HIDR	22/04/2022	08:13:59	23/04/2022	Parada por falha	HIDRÁULICO	ELEVADOR	Danificado	ARREBENTOU A C	2.021	COLHEDORAS

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para definição das categorias de equipamentos para análise nessa pesquisa, utilizou-se gráficos de Pareto para identificação das categorias que tiveram maior custos e tempo de paradas por corretivas nas safras 22/23 e 23/24, conforme demonstrado, respectivamente, pelas Figuras 7 e 8.

Figura 7

Pareto de gastos por categorias de equipamentos, Safra 22/23

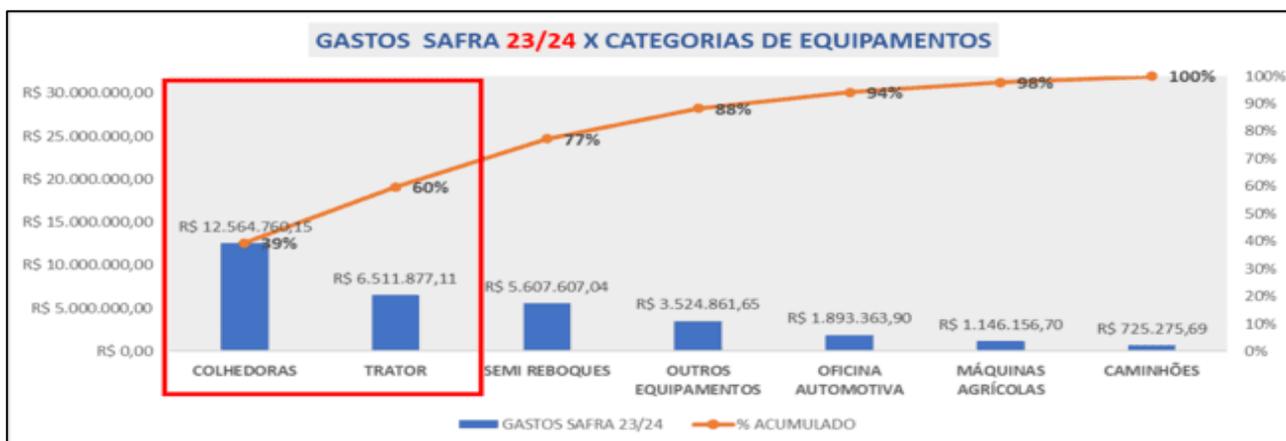


Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Constatou-se na safra 22/23, que as categorias: colhedoras e tratores, somavam 56% das áreas mais problemáticas e este número é de extrema relevância, pois significa que os maiores gastos com manutenção de equipamentos agrícolas, são com colhedoras e tratores. Optamos por fazer um gráfico de Pareto para auxiliar na decisão de quais categorias tinham maior representatividade dentro de custos e que deveríamos direcionar o foco da nossa pesquisa.

Figura 8

Pareto de gastos por categorias de equipamentos, Safra 23/24



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Na safra 23/24, verificou-se que as categorias: colhedoras e tratores, somavam 60% das áreas com maior custo de manutenção, sendo este valor encontrado muito próximo ao valor da safra anterior, com um aumento de apenas 4%. Com base neste resultado, reiterou-se o foco de estudo desta pesquisa nas categorias de colhedoras e tratores.

A Figura 9 explora os custos obtidos na safra 22/23. Os custos mais altos foram em componentes hidráulicos e com motores, totalizando: R\$476.000,00 reais. Este valor representa 9,52% de R\$5.000.000,00, sendo este quantitativo orçado para compra de materiais para aplicação nos componentes das máquinas agrícolas. O impacto deste dispêndio com apenas 2 (duas) categorias de materiais é extremamente negativo, já que não são todos valores programados em preventivas e sim, grande parte, oriundos, de manutenções corretivas.

Figura 9

Custos e horas de paradas devido à corretivas durante a safra 22/23



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Na safra 23/24, conforme Figura 10, constata-se que os maiores custos de manutenção também foram com componentes hidráulicos e motores, totalizando: R\$380.000,00. Verificou-se uma redução de R\$96.000,00 da safra 22/23 para a safra 23/24, em conjuntos hidráulicos e motores. Este valor de R\$380.000,00 representa 8,44%, no orçado de R\$4.500.000,00 para componentes de máquinas agrícolas, da safra SF23/24.

Figura 10

Custos e horas de paradas por corretivas, durante a safra 23/24



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O levantamento dos planos de manutenção das classes mais problemáticas dos equipamentos agrícolas está evidenciado na figura 11. Através da análise da base de dados, verificou-se a existência dos planos de manutenção para: inspeção de equipamentos, preventiva mecânica, troca de óleo, preventiva em pneus, inspeção em pneus, coleta de óleo, análise de óleo, manutenção linear e componentes rodantes.

Figura 11

Levantamento dos planos de manutenção necessários para as classes mais problemáticas de equipamentos

COLHEITA E TRANSPORTE DE CANA	CTT	PLANOS								
Modelo Equipamento	QTD EQUIPAMENTOS	PREV INSPEÇÃO	PREV MECÂNICA	TROCA OLEO	PREV PNEU	INSPEÇÃO PNEUS	COLETA OLEO	ANÁLISE OLEO	LINEAR / 250H E 500H	RODANTE
TRANSBORDO TRACAN VTX21000	42	X	X		X	X			X	
TRATOR PNEU JOHN DEERE 7230J	35	X	X	X	X	X	X	X	X	
COLHEDORA CANA JD CH570 01 LINHA	26	X	X	X			X	X	X	X
TRANSBORDO CANA TMA VTX5022	14	X	X		X	X			X	
TRATOR JOHN DEERE 7225J	11	X	X	X	X	X	X	X	X	
CAMINHAO BOMBEIRO MB ATEGO 2730K	7	X	X	X	X	X	X	X		
CARRETA DE VIVENCIA DE 20 LUGARES	4	X	X		X	X				
TORRE DE ILUMINAÇÃO ATLAS COPCO QLTM2	4	X	X	X	X	X				
CAMINHAO COMBOIO MB AXOR 3131	3	X	X	X	X	X	X	X	X	
TRATOR PNEU JOHN DEERE 8270R	3	X	X	X	X	X	X	X	X	
CAMINHAO COMBOIO MB ATRON 1719	2	X	X	X	X	X	X	X		

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Conforme Figura 12, observa-se o levantamento dos planos de manutenção por categorias de equipamentos. Colhedoras e tratores, somavam 57 equipamentos sem planos de manutenção cadastrados no sistema SAP. O impacto de não ter plano de manutenção para estas categorias é muito negativo, pois saber o momento exato para executar a troca de um componente, pode evitar acidentes de trabalho durante o uso. Implementar planos de manutenção eficazes é uma importante estratégia para garantir a segurança, a produtividade e a eficiência operacional dos equipamentos de qualquer organização.

Figura 12

Levantamento dos planos de manutenção por categorias

Categoria de Equipamnetos	Com Plano	Sem Plano
Diversos	53	157
Implementos rodoviários	114	85
Implementos agrícolas	31	56
Tratores	126	56
Caminhões	161	35
Carretas	282	9
Transbordos	63	7
Colhedoras	30	1
Dolly	77	1
Total	937	407

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com relação à Figura 13, verificou-se a evolução do cadastro de planos da safra 22/23 para a safra 23/24, totalizando um aumento de 115 novos. Este resultado servirá de comprovação ou não, da tese de que os planos de manutenção aumentam a confiabilidade dos reparos das máquinas e ajudam a reduzir custos com quebras indesejadas.

Figura 13

Levantamento de dados dos novos planos de manutenção

Total de Planos em 01/04/2023:	8.833
Total de Planos em 01/04/2024:	8.948
Diferença:	115
Classe Operacional	QTD. Planos
☒ CAMINHÃO CANAVIEIRO	344
☒ CAMINHÃO TRANSBORDO	117
☒ TRANSBORDO	0
☒ COLHEITA MECANIZADA	0
☒ TRATOR	130
☒ TRATOR DE PNEU	347
☒ COLHEDORA DE CANA	258
☒ DOLLY	476

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Na figura 14, verificou-se que a aderência à programação de serviços de manutenção foi de apenas 75,18%. Constatou-se também que 2400 serviços programados no sistema SAP não foram executados pela área de manutenção. Uma vez existindo os planos de manutenção, para as categorias de equipamentos, eles devem ser cumpridos rigorosamente pela área executante, pois o não cumprimento dos planos impactam negativamente em custos, em produtividade e na disponibilidade física das máquinas, já que os planos existem para garantir uma maior confiabilidade em todos os processos.

Figura 14

Aderência à programação da safra 22/23

ADERÊNCIA À PROGRAMAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO _ SAFRA 22/23					
		ORDENS DE BACKLOG	PLANOS PREVENTIVA	PLANOS INSPEÇÃO E PREDITIVA	
AÇÕES SOBRE AS ORDENS DE MANUTENÇÃO	TIPO STATUS SAP	MA30	MA40	MA90	TOTAL
PROGRAMADO PARA EXECUTAR	PREX	720	8020	1700	10440
SERVIÇO EXECUTADO	SEEX	1200	25000	13200	39400
SERVIÇO NÃO EXECUTADO	SENE	0	0	2400	2400
DESPROGRAMADO NÃO EXECUTADO	DESP	20	150	0	170
	TOTAL	1940	33170	17300	52410
	NÃO EXECUTADO	13010	24,82%		
	EXECUTADO	39400	75,18%		
FECHAMENTO DE ADERÊNCIA À PROGRAMAÇÃO SAFRA 23/24:				75,18%	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Na safra 23/24, conforme Figura 15, a aderência à programação dos serviços programados no sistema SAP, foi de 82,63%. Houve um aumento de 7,45% no indicador de aderência. O cumprimento dos planos de manutenção, nas preventivas, ajuda a prevenir falhas e paradas inesperadas, o que evita perdas de produção, atrasos nas entregas e custos de reparos emergenciais.

Figura 15

Aderência à programação da safra 23/24

ADERÊNCIA À PROGRAMAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO _ SAFRA 23/24					
		ORDENS DE BACKLOG	PLANOS PREVENTIVA	PLANOS INSPEÇÃO E PREDITIVA	
AÇÕES SOBRE AS ORDENS DE MANUTENÇÃO	TIPO	MA30	MA40	MA90	TOTAL
PROGRAMADO PARA EXECUTAR	PREX	876	7231	1569	9676
SERVIÇO EXECUTADO	SEEX	1992	37126	14680	53798
SERVIÇO NÃO EXECUTADO	SENE	0	0	1499	1499
DESPROGRAMADO NÃO EXECUTADO	DESP	3	135	0	138
	TOTAL	2871	44492	17748	65111
	NÃO EXECUTADO	11313	17,37%		
	EXECUTADO	53798	82,63%		
FECHAMENTO DE ADERÊNCIA À PROGRAMAÇÃO SAFRA 23/24:			82,63%		

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Conforme Figura 16, verificou-se que o indicador de Disponibilidade Física (DF), na safra 22/23, de colhedoras, fechou em 81,2% e de tratores, fechou em 83,3%, ficando abaixo das metas esperadas de: 83% e 86%, respectivamente. O impacto do não cumprimento das metas é muito negativo, pois significa um quantitativo de horas em manutenção dos equipamentos, maior do que o esperado. Quanto maior é a somatória das horas em manutenção, menor é a disponibilidade física das máquinas.

Figura 16

Disponibilidade Física do fechamento da safra: SF 22/23_ Colhedoras e Tratores



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

De acordo com a Figura 17, a Disponibilidade Física, (DF), na safra 23/24, de colhedoras, fechou em 87,2% e de tratores, 87,2%, totalizando um aumento de DF de 6% em colhedoras e 3,9% em tratores, superando as metas de: 83% e 86% respectivamente. O impacto deste resultado é positivo, pois está em conformidade com o conceito de que, quanto maior a aderência aos planos de manutenção, menor serão as quebras indesejadas e maior será a disponibilidade física dos equipamentos. Também possui relação com o aumento de 115 planos de manutenção, implantados da safra SF22/23 para a safra SF23/24.

Figura 17

Disponibilidade Física do fechamento da safra: SF 23/24_ Colhedoras e Tratores



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com base nos resultados obtidos, criamos uma lista de sugestões para redução de manutenções corretivas e para o aumento da performance das máquinas, objetos deste estudo, no intuito de alavancar os processos de manutenção, com base em conceitos de RCM.

Quadro 02

Propostas para redução de corretivas e aumento da performance dos equipamentos

Ação	Descrição	Benefícios	Responsável	Frequência
1.0 Elaboração de Plano de Manutenção Preventiva	Criar e implementar um cronograma de manutenção com base nas recomendações do fabricante e nas condições operacionais de todos equipamentos.	Visa aumentar a vida útil dos equipamentos, diminuir as falhas inesperadas e redução dos custos.	Toda equipe de manutenção e supervisão	Conforme orientações dos fabricantes.
2.0 Inspeções Regulares no Campo	Implementar inspeções de rotina para identificar sinais de desgaste, vazamentos ou anomalias.	Identifica problemas potenciais e permite correções imediatas.	Operadores e técnicos/encarregados de manutenção.	Diária ou semanal.
3.0 Treinamento Continuo dos Operadores	Fornecer treinamento contínuo sobre o uso correto dos equipamentos, boas práticas de operação e sinais de alerta.	Reduz falhas por uso inadequado e melhora a eficiência no manuseio.	Equipe de treinamento e fornecedores.	Semestral, com reciclagem.
4.0 Treinamento Técnico para	Treinar a equipe de manutenção para diagnósticos e reparos avançados.	Aumenta a eficiência e reduz o tempo de	Supervisores de manutenção e técnicos/encarregados.	Anual ou conforme necessidade

Manutenção Especializada		parada dos equipamentos.		pelo avanço tecnológico.
5.0 Definição de Padrões Operacionais para Minimizar Desgaste	Definir limites operacionais e boas práticas de uso, como limites de carga, velocidade e ajustes de implementos.	Reduz desgaste excessivo e aumenta a eficiência, além de reduzir custos de manutenção.	Supervisores de campo e equipe de planejamento.	Avaliação constante.
6.0 Otimização da Logística	Planejar rotas e operações para reduzir tempo ocioso e evitar condições extremas de trabalho.	Minimiza desgaste e maximiza a produtividade.	Planejadores de logística e supervisores de campo.	Anual.
7.0 Implementação de Software de Gestão de Manutenção	Adotar um sistema de gerenciamento de manutenção para monitorar o histórico de manutenções, peças, emissão de ordens e agendamentos. (Exemplo: SAP)	Melhorar o controle de manutenção, otimiza recursos e reduz custos diversos	Equipe de melhoria de processos e manutenção.	Uso contínuo.
8.0 Análise de Indicadores de Performance (KPIs)	Monitorar KPIs como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio para reparo (MTTR), custos de manutenção, produtividade, Disponibilidade física e aderência à programação de serviços.	Geração dados para tomada de decisão e ajustes no planejamento.	Engenheiros de manutenção e supervisores.	Diária / semanal / mensal
9.0 Controle de Estoque de Peças Críticas	Estabelecer um controle rigoroso de peças sobressalentes críticas para estarem sempre disponíveis quando necessário.	Reduz o tempo de inatividade e agiliza reparos.	Líderes de almoxarifado e equipe de PCM.	Avaliação contínua do inventário.
10.0 Uso de Combustível e Lubrificantes de Alta Qualidade	Garantir que os equipamentos usem combustíveis e lubrificantes de alta qualidade, conforme recomendação do fabricante.	Melhora a performance dos motores e reduz o desgaste prematuro.	Supervisores de manutenção.	Contínua.
11.0 Auditorias de Manutenção	Realizar auditorias periodicamente, para avaliar os procedimentos de manutenção e operação	Garantir a adaptação das práticas de manutenção às novas realidades	Supervisores e engenheiros da área de qualidade	Semestral.

		operacionais e tecnológicas.		
--	--	------------------------------	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A partir da análise de todos os gráficos, constatou-se a evidência da redução de custos da safra 22/23 para a safra 23/24 e a melhoria da eficiência operacional.

No decorrer desta pesquisa, conseguimos demonstrar a interrelação entre: metodologia estruturada RCM, planos de manutenção, aderência à programação aos planos programados, custos de manutenção e disponibilidade física dos equipamentos.

Constatou-se na comparação das safras SF22/23 e SF23/24, que houve um ganho na disponibilidade física de 6% em colhedoras e 3,9% em tratores. Em relação ao cumprimento de programação de planos, houve um aumento de 7,45% no indicador de aderência e em custos, houve uma redução de R\$96.000,00 da safra 22/23 para a safra 23/24. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que o impacto da implantação de metodologias de RCM, com foco em melhoria da eficiência operacional, traz ganhos significativos para a organização, tais como: redução de custos, ganhos em segurança, devido à diminuição de riscos de acidentes devido à quebra dos equipamentos, diminuição de impactos negativos ao meio ambiente, devido à diminuição de quebras de componentes e geração de resíduos diversos. Também podemos destacar ganhos em relação à produtividade, já que com o aumento da disponibilidade física, os equipamentos estarão mais tempo disponíveis para a área de operação e por fim, ganhos em relação à economia, já que haverá redução de custos com manutenção.

Os dados acima mencionados, são apresentados com análises aprofundadas, evidenciando uma conexão clara com os conceitos teóricos descritos no referencial, sendo os principais pontos destacados a seguir:

Melhora na disponibilidade física: O aumento de 6% para colhedoras e 3,9% para tratores foi relacionado ao cumprimento de planos de manutenção.

Diminuição de custos: Os custos de manutenção amorteceram R\$96.000,00 devido à maior aderência aos planos preventivos.

Impacto na eficiência operacional: Foi comprovado que a implantação de planos de manutenção, reduz, significativamente, falhas corretivas, aumentando a confiabilidade do processo.

CONCLUSÃO

Conforme as análises realizadas nesta pesquisa, concluiu-se que o objetivo principal deste trabalho foi alcançado, uma vez que foi possível demonstrar como a RCM pode contribuir para a maior efetividade dos equipamentos, através da implantação de Planos de Manutenção e a sua influência na performance dos equipamentos.

Por meio das análises feitas nesta pesquisa, verificou-se o aumento da Disponibilidade Física, (DF), na safra 23/24 em relação à safra anterior, sendo este aumento de 6% em colhedoras e 3,9% em tratores. Como resultados ainda se constatou um aumento de 7,45% no indicador de aderência à programação de manutenção na safra 23/24, em relação à safra 22/23. Por fim, verificou-se uma redução de R\$96.000,00 da safra 22/23 para a safra 23/24, em conjuntos hidráulicos e motores. Desse modo, os achados dessa pesquisa corroboram as referências bibliográficas inseridas no trabalho, por haver um ganho significativo em relação à eficiência operacional dos equipamentos e à redução de custos.

A importância deste trabalho refere-se à constatação da necessidade de se ter parâmetros de medição de todas as atividades realizadas pela área de manutenção e à necessidade de utilização de ferramentas de melhoria contínua e metodologias como a RCM, para que se possa garantir uma maior confiabilidade na área

de manutenção e redução de custos em todos os processos interligados. Equipamentos com planos de manutenção consistentes e rigorosamente cumpridos, contribuem para evitar diversas corretivas nos equipamentos e contribui diretamente para o aumento da garantia operacional.

Como limitações desta pesquisa, podemos citar: a dificuldade no levantamento e na compilação dos dados, dentro da empresa, objeto deste estudo, pois todas as nossas solicitações tinham que passar por autorização da gerência e isto demandava tempo e gerava atrasos em nosso cronograma. Outro fator de limitação desta pesquisa está relacionado ao fato de que não foi possível desenvolver um estudo de caso generalizado, devido à amplitude deste trabalho, então, optou-se pela tomada de decisão, com base nos resultados obtidos através dos gráficos de Pareto.

Os dados obtidos através desta pesquisa foram apresentados para o coordenador de PCM da agroindústria, para que pudesse servir como base para algumas tomadas de decisões em relação à continuidade da utilização da RCM no setor. Devido aos recorrentes problemas nas colhedoras e tratores, que por ficarem em manutenção interna ou externa à empresa, por longos períodos, culminou em problemas diretos na colheita de cana, o time de PCM já estava procurando soluções para essas classes de equipamentos. Mediante deste cenário de diversas corretivas e seus impactos negativos, surgiu a hipótese de um melhor acompanhamento da vida útil dos equipamentos e dos seus componentes, separadamente, a fim de representar uma solução potencial para reduzir os custos elevados e melhorar o desempenho operacional das categorias aqui mencionadas, sendo este o foco central da proposta de melhoria contínua do setor.

Com base nos resultados apresentados, sugere-se que pesquisas futuras possam ser aplicadas considerando outros equipamentos agrícolas como carretas, pulverizadores e outros. O direcionamento para outras ramificações da RCM pode ser explorado, como, por exemplo: redução de custos, aumento da disponibilidade operacional, melhoria da segurança, prolongamento da vida útil dos equipamentos e otimização da manutenção preventiva e preditiva, pois neste trabalho, os esforços foram direcionados para eficiência operacional. Sugere-se ainda explorar estudos na área industrial das usinas de bioenergia, onde existe um vasto campo a ser explorado no quesito redução de custos. A sugestão desses trabalhos futuros, pode contribuir de forma extraordinária para a difusão dos conceitos de melhoria contínua e da metodologia da RCM, auxiliando as empresas na mudança de paradigmas em relação à manutenção.

Por fim, este estudo realizado teve como objetivo trazer de volta o protagonismo da manutenção, com área estratégica para a organização, através da implantação de novas metodologias e de alguns conceitos para o âmbito da manutenção, uma vez que, não basta apenas trocar peças e maquinário, é necessário pensar além e buscar novos meios de auxiliar a organização na redução de custos. Dentro do contexto de inovação, não se deve pensar apenas na implantação de novos programas de gerenciamento e/ou equipamentos mais modernos, pois, o contexto de inovação abrange muito mais, dentro do mundo corporativo, como por exemplo: implantar círculos de controle de qualidade, conhecidos como CCQ, para que os próprios empregados tenham a possibilidade de dar ideias de como melhorar os processos de manutenções e ou modificações necessárias nos equipamentos e estruturas no geral.

REFERÊNCIAS

- Carpinetti, L. C. R., & Gerolamo, M. C. (2016). *Gestão da qualidade ISO 9001: 2015*. Atlas.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4ª ed.). Atlas.
- Gomes, A. R., & Ferreira, P. R. (2021). Estratégias de manutenção para máquinas de colheita: um estudo de caso com aplicação da RCM. *Revista Científica de Agricultura*, 36(1), 45–53.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015: Quality management systems – Requirements*. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Kardec, A., & Lafraia, J. R. B. (2009). *Gestão estratégica e confiabilidade*. Qualitymark.
- Kardec, A., & Nascif, J. (2009). *Manutenção: função estratégica* (3ª ed.). Qualitymark; Petrobrás.
- Lafraia, J. R. B. (2006). *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. Qualitymark.
- Lopes, A. G. C., & Marques Filho, A. C. (2023). Como melhorar a manutenção de máquinas agrícolas. *Revista Campo & Negócios*. <https://revistacampoenegocios.com.br/como-melhorar-a-manutencao-de-maquinas-agricolas/>
- Moubray, J. (2000). *RCM II manutenção centrada em confiabilidade* (K. Siqueira, Trad.). Aladon.
- Santos, M. L., Oliveira, R. S., & Pereira, F. T. (2019). Implementação da RCM na indústria de processamento de alimentos. *Revista de Engenharia de Manutenção*, 15(2), 123–130.
- Silva, J. R., Souza, A. P., & Lima, C. F. (2020). Aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em tratores agrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(3), 210–217.
- Siqueira, I. P. (2012). *Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação*. Qualitymark.
- Teles, J. (2022). *Planejamento e controle de manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM* (3ª ed.). Engeteles.
- Trías de Bes, F., & Kotler, P. (2011). *A bíblia da inovação*. Leya.