

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

MATHEUS RIBEIRO PELEGRINI

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
PROMOVER A MELHORIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE UMA AGROINDÚSTRIA

Xanxerê

2023

MATHEUS RIBEIRO PELEGRINI

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
PROMOVER A MELHORIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE UMA AGROINDÚSTRIA

Monografia apresentada ao curso de engenharia mecânica do IFSC Xanxerê do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de engenheiro mecânico.

Orientador: Me. Luiz Lopes Lemos Junior

Xanxerê
2023

P381a Pelegrini, Matheus Ribeiro.
Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade para promover a melhoria da manutenção dos equipamentos de uma agroindústria / Matheus Ribeiro Pelegrini. — 2023.
62 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (graduação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Xanxerê.

Orientação: Me. Luiz Lopes Lemos Junior.

Inclui referências.


1. Manutenção centrada na confiabilidade. 2. MCC. 3. Planejamento e controle de manutenção. 4. PCM. 5. Agroindústria. I. Lemos Junior, Luiz Lopes, Me. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Xanxerê. III. Título.

MATHEUS RIBEIRO PELEGRINI


APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA
PROMOVER A MELHORIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
DE UMA AGROINDÚSTRIA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em (Nome da
Habilitação), pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora
abaixo indicada.


Xanxerê, 23 de Novembro de 2023

Documento assinado digitalmente
 LUIZ LOPES LEMOS JUNIOR
Data: 12/12/2023 18:10:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Luiz Lopes Lemos Junior, Me.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 JEANCARLOS ARALDI
Data: 11/12/2023 16:34:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Jeancarlos Araldi, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 VANESSA MILHOMEM SCHMITT
Data: 08/12/2023 17:39:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Vanessa Milhomem Schmitt, Ma.
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a todos que contribuíram com minha formação acadêmica, em especial a minha família, minha mãe Maria e minha esposa Anyolanda, que sempre estiveram presentes, me apoiando e incentivando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido o privilégio, a força e a saúde física e mental para chegar até aqui e desfrutar de tudo o que tenho vivido. Quero expressar minha gratidão à minha família, especialmente à minha mãe Maria, à minha esposa Anyolanda e ao querido Gloomer que sempre estiveram disponíveis para ouvir minhas preocupações e me apoiar quando necessário, me dando força, ânimo e motivo para chegar até aqui. Quero expressar minha gratidão ao meu orientador, o professor Luiz, pelo tempo dedicado, orientações, conversas e valiosos ensinamentos.

Também quero agradecer aos grandes amigos que a faculdade me proporcionou: Fernando Sasso, Henrique Batista Redin, Henrique Cancelier e Lucas Menin da Silva. Eles sempre estarão no meu coração e jamais serão esquecidos. A jornada acadêmica nos ensinou que a vida é feita de altos e baixos, máximos e mínimos, mas, acima de tudo, de grande esforço e dedicação. Agradeço por tudo o que vivi até agora.

“Mudar é complicado, sem dúvida, mas acomodar é perecer”.

(Mário Sérgio Cortella)

RESUMO

Neste projeto de pesquisa conduzido em uma agroindústria, realizou-se uma pesquisa de campo com observação direta e coleta de dados no setor de manutenção e no processo produtivo. O objetivo principal do estudo foi o desenvolvimento de propostas de planejamento e controle de manutenção (PCM) utilizando a metodologia de manutenção centrada em confiabilidade (MCC) com a finalidade de reduzir as paradas não programadas e aumentar a disponibilidade de equipamentos. O método empregado baseou-se na análise de dados do Sistema Integrado de Gestão Administrativa (SIGA) utilizado pelo departamento de engenharia e manutenção. Os resultados revelaram um cenário crítico no setor de expedição, onde haviam custos significativos de manutenção. O estudo ressalta a necessidade de uma proposta de melhoria, centrada na aquisição de um novo equipamento, fundamentada na aplicação da MCC para otimizar a eficiência operacional e reduzir custos de manutenção ao longo do tempo. Adicionalmente, destaca-se a importância da atualização periódica dos índices de manutenção como um componente crítico para manter o desempenho dos ativos. O projeto demonstra a aplicação da metodologia da MCC em um contexto industrial real e propõe uma abordagem para aprimorar a gestão de manutenção de equipamentos industriais e para otimizar operações de manutenção.

Palavras chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Planejamento e controle de manutenção (PCM). Agroindústria.

ABSTRACT

In this research project conducted in an agro-industry setting, a field research with direct observation and data collection in both the maintenance department and the production process was carried out. The primary objective of the study was to develop proposals for Maintenance Planning and Control using the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology with the aim of reducing unscheduled downtimes and increasing equipment availability. The method employed was based on the analysis of data from the Integrated administrative management system used by the engineering and maintenance departments. The results of the research revealed a critical scenario in the industrial stock sector, where significant maintenance costs were incurred. This project emphasizes the need for an improvement proposal centered on the acquisition of new equipment, based on the application of RCM. Consequently, it intends to optimize operational efficiency and reduce maintenance costs over time. Additionally, it highlights the relevance of periodically updating maintenance indexes as management tool to keep asset performance healthy. The project demonstrates the RCM methodology applied in a real industrial context and proposes an approach to enhance the management of industrial equipment maintenance and to optimize maintenance operations.

Keywords: Reliability Centered Maintenance (RCM). Maintenance Planning and Control. Agro-industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento do trabalho (Fluxograma)	34
Figura 2 - Tempo de máquinas inoperantes por setor	37
Figura 3 - Gráfico de Pareto tempo de máquinas inoperantes por setor	38
Figura 4 - Horas de inatividade das máquinas do setor mais crítico	39
Figura 5 - Gráfico de Pareto horas de inatividade das máquinas do setor	39
Figura 6 - Gráfico de média móvel horas de inatividade das máquinas do setor	40
Figura 7 - Cálculo MTTR da M77-1	42
Figura 8 - Cálculo MTTR da M77-2	42
Figura 9 - Cálculo MTBF da M77-1	44
Figura 10 - Cálculo MTBF da M77-2	44
Figura 11 - Cálculo da disponibilidade da M77-1	45
Figura 12 - Cálculo da disponibilidade da M77-2	45
Figura 13 - Gráfico de Pareto - Tipos de falha - M77-1	46
Figura 14 - Gráfico de Pareto - Tempo por tipos de falha - M77-1	47
Figura 15 - Gráfico de Pareto - Problemas mecânicos - M77-1	48
Figura 16 - Gráfico de Pareto - Horas por problemas mecânicos - M77-1	49
Figura 17 - Gráfico de Pareto - Problemas elétricos - M77-1	50
Figura 18 - Gráfico de Pareto - Horas por problemas elétricos - M77-1	51
Figura 19 - Gráfico de Pareto - Custo manutenção preventiva das empilhadeiras	52
Figura 20 - Gráfico de Pareto - Custo manutenção corretiva do setor de EXD	53
Figura 21 - Gráfico de Pareto - Custo total de manutenção - M77-1	54
Figura 22 - Depreciação - M77-1	56
Figura 23 - Empilhadeira retrátil 1.6 MR16 BR	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA - Setor de Abate

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal

CEE - Setor de Cortes e Embalagem

CMS - Setor de Carne Mecanicamente Processada

EMB - Setor de Embalagem Secundária

ESC - Setor de Escaldagem

EVC - Setor de Evisceração

EXD - Setor de Expedição

FAA - Autoridade Federal de Aviação (*Federal Aviation Authority*)

FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis*)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

IQF - Congelamento Rápido Individualizado (*Individually Quick Frozen*)

MCC - Manutenção Centrada em Confiabilidade

MSG-1 - Grupo de Direção da Manutenção (*Maintenance Steering Group*)

MTTF - Tempo Médio entre Falhas (*Mean Time Between Failure*)

MTTR - Tempo Médio entre Reparos (*Mean Time to Repair*)

OS - Ordem de Serviço

PEN - Setor de Pendura

RCM - *Reliability Centered Maintenance*

REC - Setor de Recepção

RTO - Setor de Pré-resfriamento

SS - Solicitação de Serviço

SIGA - Sistema Integrado de Gestão Administrativa

tbf - Tempo entre falhas registrado para cada equipamento

TCA - Setor de Túneis e Câmaras

TTR - Tempo para cada reparo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	16
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 História e evolução da manutenção	17
2.2 Definições relacionadas a manutenção	19
2.3 Tipos de manutenção	23
2.4 Principais indicadores para determinar a confiabilidade em manutenção industrial	26
2.5 Manutenção centrada em confiabilidade (MCC)	28
2.6 Gráfico de Pareto	30
2.7 Caracterização da empresa	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 Caracterização da pesquisa	32
3.2 Técnicas de coleta de dados	32
3.3 Tratamento dos dados	33
3.4 Desenho da pesquisa	34
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	36
4.1 Setor com maior percentual de horas de máquinas paradas	36
4.2 Máquina com maior percentual de horas paradas do setor mais crítico	38
4.3 Principais indicadores da máquina de maior criticidade	41
4.4 Principais falhas da máquina de maior criticidade	46
4.5 Custos de manutenção da máquina de maior criticidade	51
4.6 Proposta de melhoria	55
5 CONCLUSÃO	58
5.1 Sugestão para trabalhos futuros	59
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção precisa garantir que as máquinas, equipamentos e sistemas estruturados trabalhem da melhor forma possível, garantindo e elevando os níveis de confiabilidade dos itens à disposição. É preciso ter em mente que na agroindústria de abate animal a matéria prima é viva, com isso, é necessário estar atento para evitar falhas no processo pois qualquer anomalia resultará em grandes problemas, como paradas de produção, perdas na qualidade dos produtos e, em casos críticos, o descarte de toda a produção.

Segundo dados divulgados pela Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA (2022), apenas no ano de 2021 o Brasil produziu 14,329 milhões de toneladas de carne de frango, teve um valor bruto de produção de R\$108,9 bilhões e exportou 4,610 milhões de toneladas para 151 países. Dada a relevância desse segmento, é fundamental a busca pelo aprimoramento dos processos e a garantia da qualidade dos produtos, de modo que se mantenha a competitividade, melhorando continuamente seus processos e eficiência, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade dos processos de produção.

De acordo com Kardec e Nascif (2009) o custo de manutenção em relação ao faturamento bruto é o indicador de manutenção mais utilizado no Brasil, no setor de alimentos o custo de manutenção tem uma média de 3,1% do faturamento bruto, sendo considerado que na melhor prática esse valor deve ser de apenas 2%. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), nos mostra que em 2020 o custo de manutenção teve um valor de aproximadamente 3,35% do faturamento bruto, em um comparativo geral das empresas nacionais de todos os segmentos.

Para diminuir os custos de manutenção e alavancar a competitividade da empresa é necessário utilizar um programa eficaz de gestão da manutenção, buscando sempre as melhores práticas, Kardec e Nascif (2009) orientam que as técnicas a serem utilizadas dependem do estado em que o setor de manutenção se encontra, e recomendam a adoção de ferramentas como a *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) podendo ser traduzida para português como Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos e a *Reliability Centered Maintenance* (RCM), ou em português Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) para resolução eficaz de problemas.

Para Kardec e Nascif (2012 *apud* ROSA, 2016), a MCC é uma abordagem que visa à análise detalhada de equipamentos e sistemas, com o objetivo de identificar possíveis falhas e definir a melhor estratégia de manutenção para reduzir prejuízos decorrentes dessas falhas. A utilização dessa metodologia permite uma análise minuciosa do sistema, de seus mecanismos e possíveis falhas, além de possibilitar a definição de um plano de melhorias para aumentar a confiabilidade do equipamento. A MCC é uma ferramenta importante para priorização de esforços e otimização do processo de manutenção.

Corroborando com os autores supracitados, Branco Filho (2008) afirma que a metodologia da MCC pode ser empregada na avaliação dos programas de manutenção, visando torná-los mais eficientes e aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos ativos, com o intuito de tornar a empresa mais competitiva. Além disso, a MCC busca verificar se as tarefas são realizadas de forma efetiva e se o custo é adequado, avaliando se a execução dessas atividades resultará em instalações mais confiáveis.

Este trabalho tem como tema a aplicação da MCC em uma agroindústria com o objetivo de aumentar a confiabilidade das máquinas e equipamentos, reduzindo perdas de produção e paradas de máquinas. A aplicação da MCC neste segmento se justifica pelo aumento da concorrência, exigências de novos mercados e ampliação de produção ano após ano, também deve-se levar em consideração que no processo produtivo em análise, abate-se por hora aproximadamente 14.000 aves, tornando crucial a confiabilidade das máquinas e equipamentos inseridos nos processos para obter-se níveis competitivos de produção.

Esta é uma pesquisa aplicada, cujo objetivo é a produção de conhecimentos para elaboração de propostas para a aplicação da MCC em uma agroindústria do oeste de Santa Catarina no ano de 2023.

Serão obtidas listas de relatórios das máquinas e equipamentos e identificados os piores cenários de confiabilidade através do cálculo dos indicadores de desempenho. Também será realizada a elaboração de propostas para a problemática: é possível utilizar a MCC na gestão da manutenção de uma agroindústria de abate animal para diminuir as falhas de manutenção e aumentar a confiabilidade das máquinas e equipamentos, garantindo a qualidade dos produtos e do processo produtivo?

O foco da pesquisa será qualitativo, pois será realizada a coleta e

compreensão dos relatórios das máquinas e equipamentos gerados pela empresa, também será quantitativa, pois através desses dados será possível quantificá-los numericamente realizando os cálculos dos indicadores de desempenho. A pesquisa será desenhada como um estudo de caso.

A estrutura dessa pesquisa segue o que delineamos na presente introdução como: Capítulo 2, DESENVOLVIMENTO que trará a história da evolução da manutenção, definições relacionadas a ela e tipos de manutenção encontrados atualmente; Capítulo 3, METODOLOGIA; Capítulo 4, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS; Capítulo 5, CONCLUSÃO.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar propostas de planejamento e controle de manutenção (PCM), utilizando a metodologia da manutenção centrada em confiabilidade (MCC), visando a redução de paradas não programadas e aumento da disponibilidade das máquinas e equipamentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- A. Listar os dados das máquinas com maior índice de paradas não programadas, conforme sistema de controle da agroindústria.
- B. Calcular os indicadores de confiabilidade desses itens: Tempo médio para reparos (MTTR), tempo médio entre falhas (MTBF) e disponibilidade de máquina.
- C. Propor melhorias para a manutenção utilizando princípios da manutenção centrada em confiabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

Para embasar o desenvolvimento deste trabalho, este capítulo sintetiza os conhecimentos pertinentes ao tema apresentado e assim possibilita a melhor forma de intervenção para abordar as questões discutidas.

2.1 História e evolução da manutenção

Neste tópico será apresentado a história e evolução da manutenção industrial. Gregório e Silveira (2018) relatam que a área de manutenção industrial teve origem no século XVI, como forma de garantir o bom funcionamento das máquinas utilizadas nas indústrias, as quais passaram a ter produção em larga escala. A partir da Segunda Guerra Mundial, a manutenção industrial ganhou importância e se tornou essencial para a continuidade da produção. Isso impulsionou o desenvolvimento de técnicas avançadas de planejamento, controle e organização da manutenção.

Kardec e Nascif (2009), nos dizem que nos últimos anos, nenhuma outra atividade sofreu tantas alterações quanto as atividades que envolvem a manutenção. As mudanças no campo da manutenção industrial são resultado de diversos fatores, como o aumento significativo na quantidade e diversidade de equipamentos, instalações e edifícios que necessitam de manutenção, a complexidade dos projetos atuais, a inovação das técnicas de manutenção, a emergência de novas áreas de atuação e responsabilidades, a adoção da manutenção como estratégia para melhorar os resultados do negócio e aumentar a competitividade das organizações.

Ainda, Kardec e Nascif (2009) nos afirmam que estas alterações demandam que os profissionais do departamento de manutenção, desde os níveis gerenciais e engenheiros até os colaboradores operacionais, desenvolvam e adotem novos comportamentos e competências.

2.1.1 Primeira geração

A primeira geração compreende o período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos, geralmente,

eram simples e superdimensionados. (SIQUEIRA, 2014).

Naquele período, a ênfase não estava na produtividade e, portanto, os sistemas de manutenção não eram priorizados. Os serviços de manutenção limitavam-se a tarefas básicas, como limpeza, lubrificação e consertos após quebra. Esse tipo de manutenção é conhecido como corretiva não planejada. (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.1.2 Segunda geração

Entre as décadas de 1950 e 1970, após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento significativo na demanda por produtos devido à pressão do período de guerra. No entanto, a mão de obra na indústria estava em declínio, o que resultou em um aumento na mecanização e complexidade das instalações. (SIQUEIRA, 2014).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), começa então a busca por maior eficiência na produção, levando à ideia de que as falhas nos equipamentos poderiam e deveriam ser prevenidas. Com isso, surgiu a manutenção preventiva realizada em intervalos regulares, o que aumentou os custos de manutenção e impulsionou a necessidade de sistemas de planejamento e controle de manutenção.

2.1.3 Terceira geração

A partir da década de 1970, as paralisações da produção passaram a impactar negativamente a qualidade dos produtos e aumentar os custos. Nesse contexto, a automação e a mecanização crescentes tornaram a confiabilidade e a disponibilidade fundamentais em todos os setores industriais. No entanto, a maior complexidade das instalações levou a um aumento das falhas e, conseqüentemente, a complicações significativas. Para lidar com esse problema, começou a ser utilizada a manutenção preditiva, que se tornou viável graças ao uso e avanço da ciência. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Nessa fase, além da necessidade de disponibilidade, confiabilidade e aumento da vida útil dos equipamentos, a sociedade passou a exigir maior qualidade e garantia dos produtos. Serviços essenciais, como saúde, saneamento, comunicação, energia e transporte, passaram a depender cada vez mais de

sistemas automatizados, o que significa que falhas nesses sistemas podem gerar impactos sociais muito além do custo econômico envolvido. (SIQUEIRA, 2014).

2.1.4 Quarta geração

A partir dos anos 2000, a disponibilidade e confiabilidade tornaram-se os principais indicadores de desempenho. A quarta geração da manutenção industrial teve como desafio reduzir as falhas prematuras, o que resultou na diminuição das manutenções corretivas e preventivas. Além disso, essa geração se destacou pela análise de falhas, maior atenção com a segurança e o meio ambiente, bem como com o gerenciamento de ativos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.1.5 Quinta geração

A quinta geração iniciou em 2010, conforme nos contam Kardec e Nascif (2012 apud ROSA, 2016), na atual geração, as práticas anteriores foram mantidas, mas o enfoque agora era nos resultados das empresas, obtidos através do trabalho conjunto e coordenado de todas as áreas gerenciadas pela gestão. Neste cenário, a manutenção passou a desempenhar um papel importante no gerenciamento de ativos, planejando tudo com o objetivo de minimizar falhas, utilizando técnicas de manutenção focadas em prevenção e monitoramento de condições.

Desse modo, a eficiência máxima de operação das máquinas era buscada, bem como a qualidade na engenharia de manutenção. A manutenção também passou a participar de todo o ciclo de vida dos equipamentos, desde o projeto e aquisição, até a instalação, operação e manutenção. Além disso, houve uma maior atenção com a segurança e o meio ambiente.

2.2 Definições relacionadas a manutenção

Para compreender os tipos de manutenção existentes precisamos esclarecer primeiramente o que é a manutenção, e também as diferenças entre falha, defeito, pane, confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade. Esclarecidas as diferenças, fica acessível o entendimento dos tipos de manutenção existentes. Também é necessário conhecer outras definições que estão diretamente ligadas à manutenção.

2.2.1 Manutenção

De acordo com Almeida (2016), a palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere* que significa manter o que se tem. O dicionário Michaelis (2023), define manutenção como ato de conservar ou de fazer algo durar em bom estado; preservação.

A referência normativa NBR 5462/1994 no item 2.8.1, define a manutenção como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida” (ABNT, 1994, p. 6).

Corroborando com os autores citados anteriormente complementa-se que podemos definir manutenção como um conjunto de ações técnicas e administrativas que visam preservar ou recuperar um item, de modo que ele possa desempenhar suas funções adequadamente. (GREGÓRIO; SANTOS; PRATA, 2018).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Branco Filho (2008), afirma que a manutenção é um conjunto de ações que servem para identificar, prevenir ou corrigir falhas, visando a conservação das condições operacionais e de segurança dos itens, sistemas ou ativos, sempre prestando esses serviços de maneira competente e econômica.

2.2.2 Função requerida

Segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994, p. 2) no item 2.1.5 a função requerida pode ser definida como “função ou combinação de funções de um item que são consideradas necessárias para prover um dado serviço”.

2.2.3 Item

De acordo com a norma NBR 5462 (ABNT, 1994), item é qualquer parte, peça, componente, sistema, subsistema, hardware ou unidade funcional que possa ser visualizado separadamente.

Branco Filho (2006) define item como qualquer instalação, unidade, máquina,

estrutura ou peça que tenha a possibilidade de obter sua revisão ou teste separadamente.

2.2.4 Defeito

O defeito pode ser retratado como qualquer desorientação de uma característica de um item em relação a suas especificidades. (ABNT, 1994).

Ratificando, Branco Filho (2006) retrata o defeito na área de manutenção como a modificação das condições de um item de forma que seu desempenho não ocorra de forma satisfatória. Na área da MCC, o defeito pode ser representado como a modificação das particularidades de um item que não provoque a perda de sua função imediatamente, porém se não for solucionado poderá vir a se transformar uma falha.

2.2.5 Falha

A falha representa o fim da capacidade de um item em executar sua função exigida. (ABNT, 1994). Segundo Branco Filho (2006), a falha representa a perda parcial ou total da capacidade de um item em realizar sua função requerida, onde o mesmo necessitará de manutenção ou substituição.

2.2.6 Pane

A pane corresponde ao estado de um item determinado pela sua incapacidade em executar sua função exigida, excluindo a incapacidade durante as manutenções preventivas ou outras ações, ou pela falta de recursos externos. (ABNT, 1994). Branco Filho (2006) define pane como o estado de um equipamento que não pode desempenhar sua função requerida, não poderá ser posto para trabalhar, pois ocasionará perda de produção, risco de morte e até deterioração do patrimônio. (BRANCO FILHO, 2006).

2.2.7 Confiabilidade

De acordo com Nepomuceno (1989), em termos gerais, a confiabilidade pode

ser conceituada como a chance de um item, que foi projetado e fabricado de acordo com determinadas especificações, operar sem apresentar falhas durante um período de tempo previsto, mesmo que tenha sido submetido às manutenções recomendadas pelo fabricante. É importante ressaltar que o item não deve ter sido exposto a esforços maiores do que o especificado em seu projeto, nem ter sido submetido a condições ambientais adversas.

Sobre a definição geral da confiabilidade, podemos afirmar que:

A confiabilidade é uma das idéias fundamentais que praticamente todos julgam saber do que se trata de maneira puramente intuitiva. Entretanto, no meio de especialistas o conceito encontra enorme dificuldade em ser definido de maneira clara e precisa. Tal dificuldade está ligada à aplicação do conceito nas diversas situações que o especialista encontra nas suas atividades. De maneira geral, é possível adotar a definição: “um dispositivo é considerado confiável, seja um automóvel, avião ou qualquer mecanismo, quando permanece cumprindo suas funções durante toda a vida útil estabelecida pelo projeto, independentemente de condições favoráveis ou adversas”. Embora a definição seja um tanto ampla, é preciso considerar que dispositivo ou equipamento nenhum pode operar de maneira confiável se não for mantido adequadamente. Analogamente, as condições descritas como adversas não podem exceder limites considerados razoáveis. (NEPOMUCENO, 1989, p. 55)

A NBR 5462 (ABNT, 1994), no item 2.2.6 define a confiabilidade como competência de um item em executar sua função requerida sob condições específicas, no decorrer de um período de tempo. Para Branco Filho (2008), a confiabilidade pode ser definida como a capacidade de um item ou equipamento funcionar corretamente durante um período de tempo específico, conforme previsto em seu projeto, ou manter boas condições de operação após um período de uso. Há diversos índices que medem a confiabilidade, os quais serão abordados em capítulos subsequentes. Fogliatto e Ribeiro (2009) relatam que, em seu sentido mais amplo, a confiabilidade está relacionada à operação satisfatória de um item, na ausência de falhas.

Corroborando com os autores supracitados, Silveira, et al. (2019) afirmam que a confiabilidade pode ser definida como a capacidade de um item ou equipamento de desempenhar suas funções de forma adequada dentro do período de tempo estipulado e em condições especificadas. No entanto, avaliar a confiabilidade de um item pode ser uma tarefa complexa. Antigamente, os itens eram superdimensionados para garantir a confiabilidade, mas hoje em dia isso não é viável devido a competitividade, a necessidade de redução de custos e de tempo de manufatura de produtos.

2.2.8 Disponibilidade

A disponibilidade pode ser definida como a habilidade de um item em estar em condições de executar sua função requerida em um período de tempo determinado, levando em consideração as características combinadas de sua confiabilidade, manutenibilidade e manutenção. (ABNT, 1994). Para Branco Filho (2006), a disponibilidade de um item não exige que o item esteja trabalhando, mas que se encontre em condições de ser colocado em funcionamento.

2.2.9 Manutenibilidade

Pode ser descrita como a capacidade de um item de ser conservado ou recondicionado a condições de desempenhar suas funções requeridas, sob condições especificadas (ABNT, 1994). Basicamente, pode ser definida como a facilidade de realizar-se a manutenção no item (BRANCO FILHO, 2006).

2.3 Tipos de manutenção

Existem várias formas de manutenção. Siqueira (2014) relata que é possível classificar os diferentes tipos de manutenção de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. De acordo com Kardec e Nascif (2009), os diferentes tipos de manutenção podem ser identificados pela forma como as intervenções em máquinas, equipamentos ou instalações são realizadas. Ainda, Kardec e Nascif (2012 *apud* ROSA, 2016), afirmam que as principais atividades ou estruturas de atuação da manutenção são estabelecidas de acordo com a Norma Brasileira 5462 (NBR 5462) em: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva, as quais serão abordadas na sequência.

2.3.1 Manutenção corretiva

Os autores Gregório, Santos e Prata (2018), afirmam que a manutenção corretiva consiste em realizar reparos nos equipamentos somente após a ocorrência de uma falha e pode ser classificada em dois tipos distintos:

1º Manutenção corretiva emergencial - é realizada imediatamente após a falha, mas nem sempre de maneira planejada, podendo resultar em uma correção que não atende ao desempenho esperado e gerar altos custos devido à interrupção da produção e danos aos equipamentos.

2º Manutenção corretiva programada - é planejada para ocorrer após a falha, seja por meio de um monitoramento preditivo ou detectivo, ou por decisão de um superior de operar o equipamento até que ocorra uma falha. Nesse caso, como a falha já era esperada, a correção tende a ser mais barata, segura e rápida.

2.3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é um conjunto de atividades realizadas em máquinas e equipamentos que ainda se encontram em condições operacionais, mesmo que possuam algum tipo de defeito ou desgaste que possa prejudicar sua eficiência e durabilidade. (BRANCO FILHO, 2008). Corroborando, Gregório, Santos e Prata (2018) afirmam que as preventivas podem ser realizadas de modo sistemático, organizada em intervalos de tempo pré-definidos. É destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a deterioração de um item.

A frequência da manutenção é um fator crítico que deve ser estabelecido adequadamente, pois quanto maior for o intervalo de tempo entre as ações preventivas, menor será o custo da manutenção, porém o risco de falhas e paradas nos equipamentos aumentará. (KARDEC; NASCIF, 2012 *apud* ROSA, 2016)

Ainda, Kardec e Nascif (2012 *apud* ROSA, 2016) informam que é essencial encontrar um equilíbrio entre o custo da manutenção e o custo decorrente de uma máquina parada. Para obter resultados satisfatórios com a manutenção preventiva, é fundamental manter registros completos dos equipamentos e suas falhas, incluindo o número de horas de operação, informações de instalação, datas das intervenções e as razões para essas intervenções.

2.3.3 Manutenção preditiva

De acordo com Kardec e Nascif (2012 *apud* ROSA, 2016) a manutenção preditiva, também conhecida como manutenção controlada, tem como objetivo preservar a qualidade do serviço esperada. Ela consiste em um conjunto de ações sistemáticas de acompanhamento das variáveis e indicadores dos equipamentos, visando determinar com precisão se é necessário realizar alguma ação de manutenção. Branco Filho (2008), confirma que a manutenção preditiva é um conjunto de atividades que tem como objetivo monitorar e acompanhar o estado dos equipamentos, levando em consideração seus parâmetros operacionais e seu processo de deterioração.

Siqueira (2014) afirma que a manutenção preditiva busca prever ou antecipar possíveis falhas através da medição de todos os parâmetros relevantes que possam indicar a evolução de uma falha, de modo que possam ser evitadas e corrigidas antes que ocorram.

Além de simplesmente realizar medições, para a manutenção preditiva é importante fazer uma análise crítica dos resultados e formular diagnósticos precisos. O principal objetivo da manutenção preditiva é possibilitar a operação contínua das máquinas e equipamentos pelo maior tempo possível (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.3.4 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir dos anos de 1990 e está relacionada diretamente à ideia de detecção. Essa abordagem consiste em realizar uma inspeção minuciosa nos sistemas em busca de falhas ocultas ou ainda não identificadas pela equipe de manutenção e operação (KARDEC; NASCIF, 2009). A manutenção detectiva é bastante similar à manutenção preditiva, já que visa identificar falhas que possam ter ocorrido em algum momento, mas que não foram percebidas anteriormente (SIQUEIRA, 2014).

2.4 Principais indicadores para determinar a confiabilidade em manutenção industrial

Viana (2002) compara o processo de manutenção com a navegação no oceano, onde os navegadores precisam primeiro determinar sua localização atual e, em seguida, traçar uma rota que os levará ao destino desejado. Da mesma forma, na manutenção, é essencial avaliar a situação atual, identificar desafios e oportunidades de melhoria, determinar os recursos necessários e monitorar o progresso das ações de manutenção por meio de indicadores e índices de desempenho.

Segundo Caldeira (2012), a capacidade de uma empresa de ser competitiva e alcançar o sucesso empresarial depende da habilidade dos gestores em conduzi-la no dia-a-dia. Uma boa gestão está intimamente ligada ao conhecimento que os gestores têm sobre o desempenho geral da organização, o que impacta diretamente nas decisões que serão tomadas. As empresas enfrentam obstáculos para aprimorar suas capacidades operacionais, diminuir gastos e alcançar a competitividade (KUMAR; PARIDA, 2013 *apud* ROSA, 2016). Por isso, é crucial estabelecer políticas e estratégias de manutenção, avaliando sua efetividade por meio de indicadores adequados.

Ainda, Kumar e Parida (2013 *apud* ROSA, 2016) reforçam que a mensuração do desempenho da manutenção é fundamental para as empresas entenderem o impacto gerado por essa atividade. Dessa forma, é possível reavaliar e aprimorar as políticas e técnicas de manutenção, justificando investimentos em novas tendências, técnicas e metodologias. Além disso, a avaliação ajuda na revisão da alocação de recursos, entendendo os efeitos da manutenção em outras áreas e partes interessadas.

2.4.1 Tempo médio para reparos (MTTR)

De acordo com com Silveira et al. (2019), a mantabilidade analisa o tempo de reparo baseado em uma probabilidade, consegue-se estipular o tempo médio para reparo, do inglês *Mean Time to Repair* (MTTR), utilizando a equação:

$$MTTR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n TTR_i \quad (1)$$

onde N = número de intervenções durante o intervalo de tempo; TTR = tempo para cada reparo.

2.4.2 Tempo médio entre falhas (MTBF)

diretamente relacionado à confiabilidade, o tempo médio entre falhas, do inglês *Mean Time Between Failure* (MTBF), que é aplicado a itens reparáveis (SILVEIRA et al., 2019). Para a determinação deste indicador utiliza-se a equação:

$$MTBF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n tbf_i \quad (2)$$

onde N = quantidade de equipamentos; tbf = tempo entre falhas registrado para cada equipamento.

2.4.3 Disponibilidade de máquina (A)

Silveira, et al. (2019), afirmam que para o cálculo da disponibilidade (A), do inglês *availability*, pode-se fazer uso da seguinte equação:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Em itens que não são reparáveis, como uma lâmpada, a disponibilidade e a confiabilidade podem ser equiparadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). No entanto, em itens reparáveis, existem dois estados possíveis: funcionando ou em manutenção.

2.5 Manutenção centrada em confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) pode ser definida como um programa que engloba diversos métodos de engenharia para garantir que os itens de uma indústria continuem realizando sua função requerida (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).ao seu questionamento racional e sistemático, a MCC tem sido identificada como a forma mais eficiente de tratar as demandas relacionadas à manutenção.

Atualmente, quando se fala em aviação comercial tem-se a certeza de estar falando sobre o meio de transporte mais seguro que existe, no entanto, isso nem sempre foi assim (VIANA, 2002).

Por volta da metade do século passado, o número de acidentes na aviação civil era de 60 por milhão de decolagens, um índice altíssimo; fazendo um comparativo, seria o mesmo que dois acidentes por dia na atual época. A aviação civil buscou o bloqueio destes acontecimentos, e foi através da aplicação do MCC que ela alcançou os melhores resultados. Este processo foi desenvolvido nas décadas de 1960 e 1970, mas foi em 1978 que se deu seu marco inicial, com a publicação, por parte dos funcionários da United Airlines, Howard Heap e Stanley Nowlan, do livro *Reliability-Centered Maintenance*, publicado pelo Departamento de defesa dos Estados Unidos. (VIANA, 2002, p. 100)

O primeiro evento atribuído à origem da Manutenção Centrada em Confiabilidade foi justamente a precisão da certificação das aeronaves Boeing 747, feita pela *Federal Aviation Authority* (FAA), na localidade dos Estados Unidos (SIQUEIRA, 2014). Este modelo de avião ficou marcado na história da aviação. Nele foram utilizados níveis de automação jamais vistos, e ainda triplicaram a quantidade de assentos em relação a maior aeronave comercial existente na época, o Boeing 707. Com isso, o uso da metodologia de manutenção da segunda geração iria inviabilizar o atendimento às exigências das autoridades americanas. Tendo essa motivação, a *United Airlines* montou uma força-tarefa, tendo a missão de rever a aplicabilidade dos métodos existentes a estas aeronaves. Mais tarde, o relatório

desta força-tarefa criada pela *United Airlines*, conhecidos como *Maintenance Steering Group* (MSG-1), se tornou um clássico da literatura da manutenção, estabelecendo conceitos de uma nova metodologia, nomeada posteriormente como *Reliability Centered Maintenance* (RCM), ou Manutenção Centrada em Confiabilidade (VIANA, 2002; SIQUEIRA, 2014). Resumidamente, a aplicação dessa metodologia permitiu a certificação para operação comercial do primogênito Boeing 747-100, pela FAA, na data de 30 de dezembro de 1969.

A MCC é um método que ajuda a priorizar esforços, a fim de permitir que os ativos cumpram sua função exigida, considerando o processo e o ambiente em que operam (SILVEIRA et al., 2019; GREGÓRIO; SANTOS; PRATA, 2018).

A MCC pode ser utilizada em diversos âmbitos, pois os conceitos e técnicas da MCC são aplicáveis a qualquer sistema, em qualquer lugar onde seja indispensável manter a funcionalidade dos processos (SIQUEIRA, 2014). A MCC é "um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional" (VIANA, 2002, p. 101). O objetivo desta técnica é investigar as diferentes formas pelas quais um componente pode falhar, para através disso, planejar as ações necessárias (VIANA, 2002).

2.6 Gráfico de Pareto

De acordo com Lobo (2020), o Gráfico de Pareto é uma representação visual que organiza os dados de um problema em ordem de relevância, permitindo assim a identificação das prioridades para ações corretivas. O Gráfico de Pareto é muitas vezes referido como a regra 80/20 e enfatiza que uma grande parte dos problemas (80%), geralmente está relacionada a um número menor de causas potenciais (20%) (LOBO, 2020).

2.7 Caracterização da empresa

A empresa que será o objeto de estudo desta pesquisa não será identificada. Para caracterizá-la e justificar as abordagens aplicadas neste estudo, deve-se saber que é uma agroindústria do oeste de Santa Catarina que atua na área de abate de frangos de corte, com produção de aproximadamente 200 mil aves por dia.

O processo produtivo é dividido entre os setores que serão identificados nesta obra pelas abreviaturas como segue:

- setor de recepção (REC);
- setor de pendura (PEN);
- setor de abate (ABA);
- setor de escaldagem (ESC);
- setor de evisceração (EVC);
- setor de pré-resfriamento (RTO);
- setor de cortes e embalagem (CEE);
- *individually quick frozen* (IQF, congelamento rápido individualizado, em tradução livre);
- setor de carne mecanicamente separada (CMS);
- setor de túneis e câmaras (TCA);
- setor de embalagem secundária (EMB);
- setor de expedição (EXD).

Também possui áreas de apoio, como os setores de manutenção, estação de tratamento de água e efluentes, subprodutos, caldeira, sala de máquinas, produtividade, controle de qualidade, almoxarifado, saúde e segurança do trabalho, recursos humanos, balança e faturamento.

A agroindústria trabalha seis dias por semana com dois turnos de produção e três turnos de manutenção. No sétimo dia da semana, quando não há produção, a manutenção trabalha em apenas um turno com equipe reduzida. Em dias de produção a manutenção atua de forma corretiva, resolvendo problemas emergenciais e garantindo o bom andamento do processo produtivo. Já aos domingos, onde não há produção, a manutenção atua com foco nas preventivas.

O departamento de engenharia e manutenção subdivide-se em três setores distintos, sendo: manutenção mecânica, manutenção elétrica e manutenção civil. Todos são organizados pela mesma gestão.

Mensalmente, são geradas aproximadamente quatro mil ordens de serviço, distribuídas entre corretivas, preventivas e outros. A meta do departamento de engenharia e manutenção é de que aproximadamente 30% dessas ordens sejam preventivas.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

Nesta proposta de metodologia, a classificação dos tipos de pesquisa, segundo Giacon, Fontes e Grazzia (2017), adota uma abordagem científica. A pesquisa é definida como aplicada, visando gerar conhecimento direcionado para aplicações práticas e soluções específicas. Em seus objetivos, a pesquisa assume natureza descritiva, concentrando-se na observação e análise de dados e fenômenos da realidade, enquanto também adota uma perspectiva explicativa ao investigar os fatores que contribuem para esses fenômenos, utilizando um estudo de caso. O estudo, realizado por meio de pesquisa de campo, envolveu a observação direta e coleta de dados no setor de manutenção e no processo produtivo de uma agroindústria. A metodologia integrava aspectos qualitativos e quantitativos para uma análise abrangente. Dada a natureza específica dos problemas abordados em uma situação particular, o trabalho foi delineado como um estudo de caso, conforme proposto por Walliman (2015). Além disso, foram elaboradas propostas para a execução de manutenções em itens específicos, com foco na aplicação prática e no monitoramento contínuo de seus resultados.

3.2 Técnicas de coleta de dados

A empresa que foi o objeto de estudo desta pesquisa não foi identificada nominalmente, para sua preservação. A coleta de dados foi autorizada pela gestão da empresa e realizada com base nas informações contidas no Sistema Integrado de Gestão Administrativa, SIGA, um programa de gestão utilizado pelo departamento de engenharia e manutenção da agroindústria em análise para registro e armazenamento dos dados.

O SIGA engloba vários módulos de trabalho, sendo adotado em todos os setores da agroindústria. Dentre esses módulos, o foco deste projeto está no módulo de manutenção. Este módulo oferece uma ampla gama de funcionalidades que abrangem inúmeras atividades. Um destaque é a diversidade de tipos de relatórios disponíveis, cada um apresentando informações específicas. Para a realização deste projeto, tornou-se imprescindível a geração de múltiplos relatórios,

proporcionando uma compreensão abrangente das operações e eventos ocorridos nos diferentes setores da agroindústria.

Foram gerados relatórios dos setores de recepção, pendura, abate, escaldagem, evisceração, pré-resfriamento, cortes e embalagem, *individually quick frozen*, carne mecanicamente separada, túneis e câmaras, embalagem secundária e expedição. Os relatórios foram baseados nas ordens de serviço geradas pelo SIGA, que forneciam informações sobre as máquinas necessitando intervenção de manutenção em períodos específicos. Na agroindústria em questão, a solicitação de intervenção na manutenção para uma máquina requer a abertura de uma solicitação de serviço (SS), na qual são fornecidos detalhes como setor, máquina, horário de parada (se aplicável) e a natureza do problema. A SS é imediatamente registrada no SIGA como serviço pendente para o setor de manutenção, que, por sua vez, atribui um executante e converte a solicitação em uma ordem de serviço (OS) em execução. Após a conclusão do serviço, o executante registra o tempo gasto, a ação tomada para resolver o problema e o horário de retorno da máquina ao funcionamento (se estiver parada). A OS é então encaminhada ao PCM para inserção de todos os dados no sistema, finalizando o processo. O histórico de OS contido no SIGA fornece todos os detalhes mencionados anteriormente (setor, máquina, horário de parada, problema, ação tomada, horário de retorno ao funcionamento e executante) no período solicitado.

O SIGA trabalha com três tipos de OS: corretiva, preventiva e outros. Porém, se houver parada de máquina, o sistema só permite que seja gerada a OS como corretiva. Dessa forma, o histórico de ordens de serviço que foi utilizado nesta pesquisa é somente o do tipo corretiva no período de 01/11/2022 até 01/05/2023.

3.3 Tratamento dos dados

Para organizar todas as informações contidas nos históricos, foi construída uma planilha eletrônica que possibilitou a visualização dos setores com maior incidência de paradas de máquinas não programadas. Ao identificar os setores mais problemáticos, foram analisados exclusivamente os dados das máquinas dessas áreas, revelando quais apresentavam maior quantidade de horas paradas.

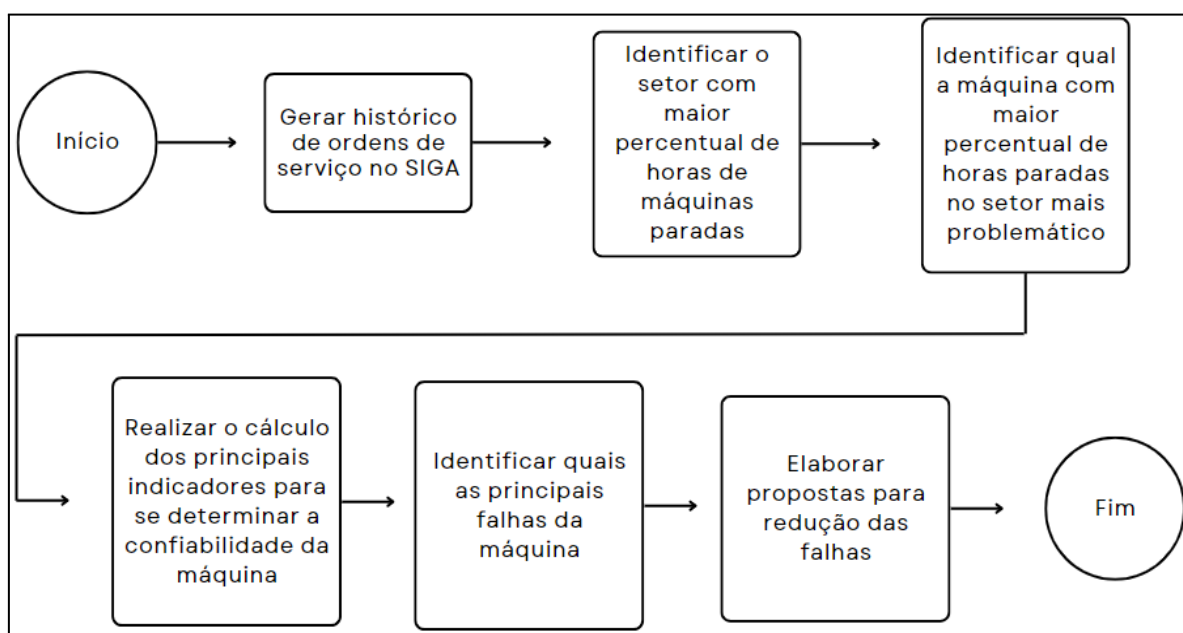
Com estas informações estruturadas, foram utilizadas ferramentas de projeto e manutenção como o Gráfico de Pareto, para uma leitura gráfica dos dados. A partir

disso, foram identificadas as principais falhas que acontecem em cada máquina de acordo com os históricos.

3.4 Desenho da pesquisa

Esta pesquisa possui a abordagem de estudo de caso e suas etapas estão representadas pelo seguinte fluxograma:

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento do trabalho (Fluxograma)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na primeira etapa, foi gerado um histórico contendo todas as ordens de serviço com parada de máquina em um período de seis meses (01/11/2022 a 01/05/2023). Posteriormente, foi realizada a organização dos dados obtidos através do histórico do SIGA. Para isso foi utilizada uma planilha eletrônica para organizar os dados e foi gerado um Gráfico de Pareto, possibilitando a identificação dos setores mais problemáticos do processo produtivo. Na terceira etapa, foi utilizada a mesma metodologia da etapa anterior, na qual foram reorganizados os dados apenas do setor mais problemático do processo produtivo para possibilitar a identificação das máquinas com maior número de horas paradas. Na etapa

posterior foram realizados os cálculos dos principais indicadores (MTTR, MTTF, disponibilidade) para determinar a confiabilidade da máquina. Na quinta etapa, foram identificadas as principais falhas da máquina. Com essas informações, na última etapa serão elaboradas as propostas de melhoria utilizando princípios da MCC.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O fluxograma, representado pela Figura 1, detalha de maneira mais específica as etapas do desenvolvimento deste projeto. No decorrer deste capítulo, serão abordados os resultados obtidos através do levantamento dos dados do sistema de controle da agroindústria. Além disso, serão exploradas as propostas geradas a partir dos dados, visando uma manutenção mais eficaz e uma operação mais confiável dos equipamentos na agroindústria.

4.1 Setor com maior percentual de horas de máquinas paradas

O histórico de ordens de serviço com parada de máquina gerado pelo SIGA no período de 01/11/2022 até 01/05/2023, teve como resultado um arquivo em formato de planilha eletrônica com 671 OS de manutenção. Estas ordens foram previamente categorizadas de acordo com os respectivos setores de atuação. Subsequentemente, uma tabela de dados foi elaborada, com capacidade de filtragem, com a finalidade de agrupar as OS por setor e apresentar a quantidade de horas em que as máquinas ficaram inoperantes em cada um desses setores. Os dados foram organizados em ordem crescente de tempo de interrupção, conforme explicitado na Figura 2.

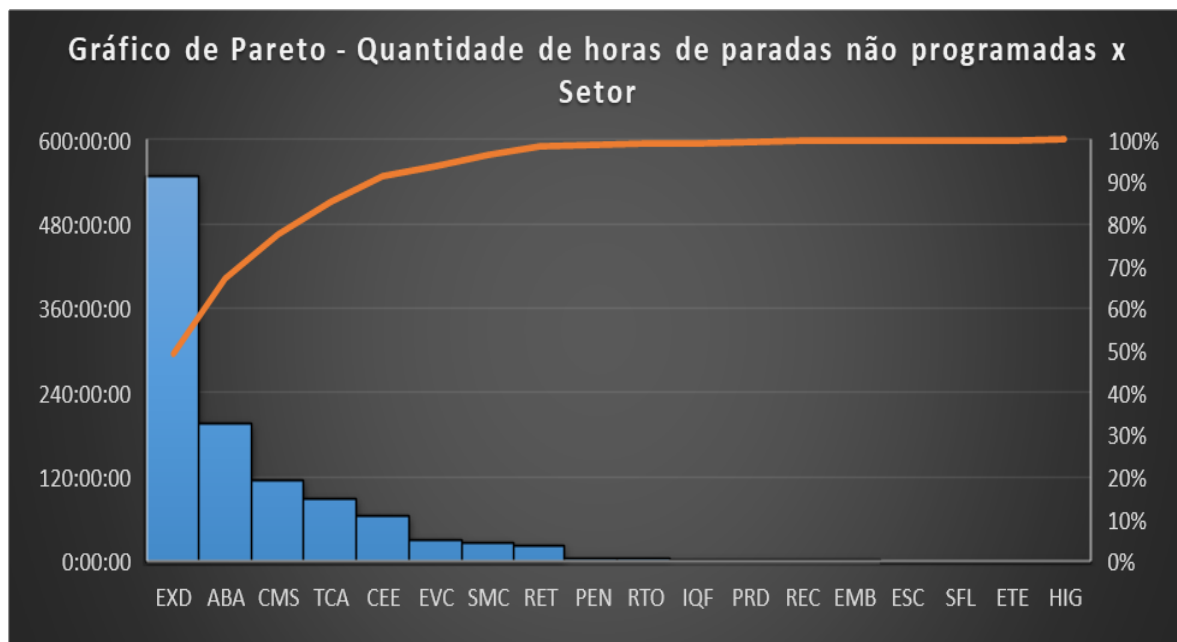
Figura 2 - Tempo de máquinas inoperantes por setor

Setor	Horas de máquinas paradas (h:min:s)
HIG	0:10:00
ETE	0:13:00
SFL	0:25:00
ESC	1:13:00
EMB	1:21:00
REC	1:41:00
PRD	2:42:00
IQF	3:00:00
RTO	3:23:00
PEN	3:54:00
RET	23:04:00
SMC	26:30:00
EVC	29:37:00
CEE	64:17:00
TCA	88:16:00
CMS	116:17:00
ABA	196:47:00
EXD	548:39:00
TOTAL	1111:29:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Com o intuito de aprimorar a compreensão dos dados, um Gráfico de Pareto foi elaborado (Figura 3). A interpretação do gráfico revela que o setor de expedição detém uma parcela significativa, aproximadamente 50%, com um total de aproximadamente 550 horas de máquinas paradas durante o processo de produção, tempo em que as máquinas na agroindústria permaneceram inativas.

Figura 3 - Gráfico de Pareto tempo de máquinas inoperantes por setor



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

4.2 Máquina com maior percentual de horas paradas do setor mais crítico

Para identificar a máquina com a maior incidência de problemas no setor industrial, foi detectada a mais custosa e aquela com maior tempo de parada. Um relatório gerado no SIGA filtrando somente as OS relacionadas a paradas de máquinas no setor de expedição, totalizando 95 OS. Os dados foram então reorganizados e resultaram na criação de uma tabela que apresenta o somatório das horas de inatividade de cada máquina. A análise dos dados organizados revelou que as 95 OS se concentravam em apenas 10 das máquinas pertencentes ao referido setor, como indicado na Figura 4 a seguir.

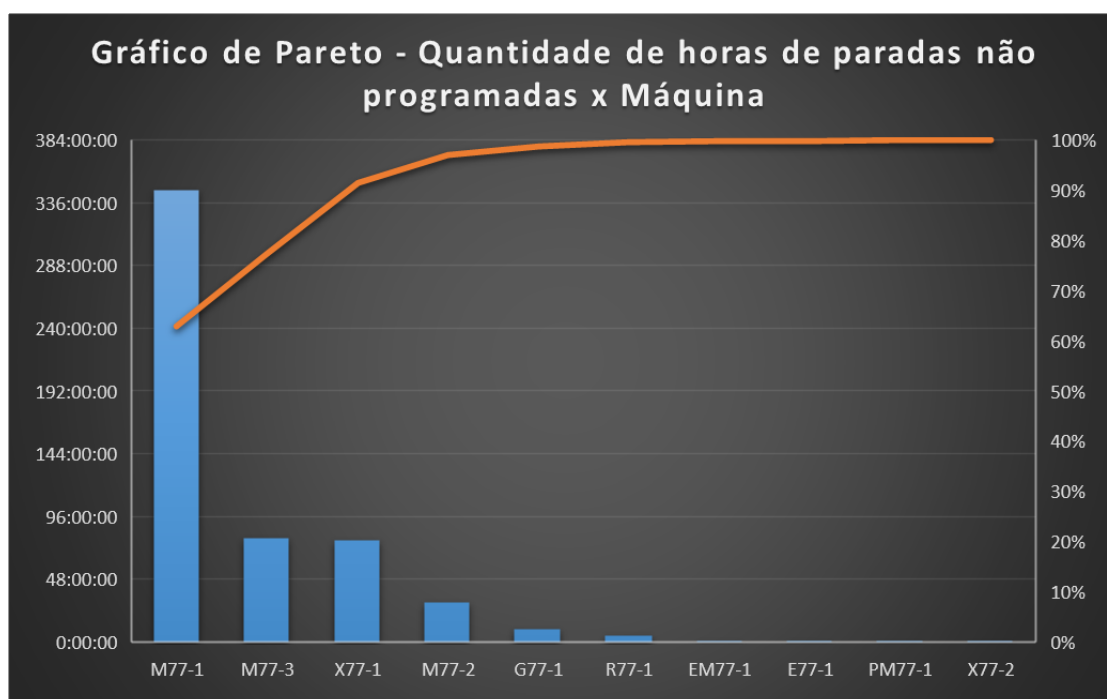
Figura 4 - Horas de inatividade das máquinas do setor mais crítico

EXPEDIÇÃO - EXD		
CÓD. MAQ.	DESCR. MÁQ.	TEMPO PARADA (h:min:s)
E77-1	ENVOLVEDORA DE PALLETS	0:40:00
EM77-1	ENVOLVEDORA - STRETCH - MOTOREDUTOR	0:48:00
G77-1	G77-1 (TRANSPALETEIRA A PE - MP22)	9:18:00
X77-2	X77-2 (TRANSPALETEIRA A BORDO - ERX-27)	0:06:00
PM77-1	PALETEIRA MANUAL N° 01	0:09:00
R77-1	R77-1 (EMPILHADEIRA CONTRA ÉSP - 3RL)	4:52:00
M77-2	M77-2 (EMPILHADEIRA RETRÁTIL - MR16 HD)	30:19:00
X77-1	X77-1 (TRANSPALETEIRA A BORDO - MPE060)	77:43:00
M77-3	M77-3 (EMPILHADEIRA RETRÁTIL - R1.6)	79:08:00
M77-1	M77-1 (EMPILHADEIRA RETRÁTIL - MR16 HD)	345:36:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Os dados presentes na tabela foram submetidos a uma classificação em ordem crescente com base no tempo de parada de máquina, e, em seguida, um Gráfico de Pareto (Figura 5) foi elaborado como uma ferramenta auxiliar para uma interpretação mais eficaz dos dados.

Figura 5 - Gráfico de Pareto horas de inatividade das máquinas do setor



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Dessa forma, a análise dos dados revela que a máquina de maior criticidade no âmbito do setor industrial considerado, é a Empilhadeira retrátil MR16 HD M77-1. A empilhadeira em questão apresenta um percentual de aproximadamente 60% do total de horas de parada registradas no setor de expedição, totalizando 345 horas em estado de pane durante o processo produtivo.

Figura 6 - Gráfico de média móvel horas de inatividade das máquinas do setor



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na Figura 6, exibida anteriormente, é apresentado um gráfico de média móvel que representa o total de horas de paradas das máquinas no setor de expedição. A média de horas de máquina parada no setor é de aproximadamente 54 horas, no entanto, ao analisar os dados sem levar em consideração as horas de inatividade da Empilhadeira retrátil M77-1, essa média sofre uma drástica redução, atingindo surpreendentes 22 horas. Esse gráfico destaca de forma notável a discrepância entre as horas em estado de pane da Empilhadeira retrátil M77-1 em comparação com as horas dos demais equipamentos.

4.3 Principais indicadores da máquina de maior criticidade

No âmbito da análise do desempenho operacional, identificou-se que o setor de expedição detinha o maior agregado de horas de máquina paradas, destacando a Empilhadeira retrátil M77-1 como o equipamento de maior criticidade nesse contexto. Em consonância com essa constatação, foram executados cálculos dos indicadores essenciais de desempenho, nomeadamente o Tempo Médio para Reparos (MTTR), o Tempo Médio entre Falhas (MTBF) e a Disponibilidade da máquina (A). A abordagem inicial do projeto previa a utilização do programa Proconf para realizar esses cálculos, no entanto, devido às variações substanciais nos resultados apresentados pelo *software*, optou-se pela adoção de planilhas eletrônicas. Com o propósito de comparação, também foram calculados os indicadores para a Empilhadeira retrátil M77-2, um equipamento de modelo semelhante desempenhando a mesma função no setor de expedição. Para obter os dados necessários, foi empregado novamente o SIGA para gerar um relatório de OS contendo exclusivamente as paradas das máquinas M77-1 e M77-2.

4.3.1 Cálculo do tempo médio para reparos (MTTR)

Para calcular o MTTR foi utilizada a fórmula (1) com o auxílio de uma planilha eletrônica. Os dados do relatório do SIGA foram reorganizados para encontrar o número de intervenções (N) e também para realizar o cálculo do somatório de tempo necessário para cada reparo (TTR).

Os tempos de reparo foram encontrados em hora sexagesimal e convertidos para hora centesimal para facilitar os cálculos, com isso encontramos $N = 23$ intervenções e $TTR = 345,59$ horas. Realizando os cálculos encontramos que o tempo médio para reparos da M77-1 é de 15,03 horas, conforme Figura 7.

Figura 7 - Cálculo MTTR da M77-1

MTTR - Tempo Médio para Reparos			$MTTR = 1/N \sum_{n=1}^{\infty} (TTR)$
OS	TEMPO DE REPARO	CONVERTER DECIMAL	N
458915	0:46:19	0,77	23
459018	51:27:00	51,45	SOMATÓRIO TTR
459560	0:41:00	0,68	345,59
459573	0:17:00	0,28	MTTR (Decimal)
462690	39:11:00	39,18	15,03
463247	0:43:00	0,72	MTTR (Sexagesimal)
464956	0:21:00	0,35	15:01:32
465890	1:15:00	1,25	
466844	0:23:00	0,38	
467703	1:29:00	1,48	
468498	3:48:00	3,80	
470362	0:51:00	0,85	
471678	1:12:00	1,20	
473344	3:58:00	3,97	
474482	26:13:00	26,22	
474865	0:33:00	0,55	
475708	94:05:00	94,08	
476463	6:44:00	6,73	
476696	0:24:00	0,40	
476825	2:58:00	2,97	
477804	103:18:00	103,30	
480811	4:19:00	4,32	
485159	0:39:00	0,65	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a M77-2, encontra-se N = 28 intervenções e TTR = 30,32 horas, realizando o cálculo encontra-se que o valor do tempo médio para reparos é 1,08 horas, conforme Figura 8.

Figura 8 - Cálculo MTTR da M77-2

MTTR - Tempo Médio para Reparos			$MTTR = 1/N \sum_{n=1}^{\infty} (TTR)$
OS	TEMPO DE REPARO	CONVERTER DECIMAL	N
458576	0:54:00	0,9	28
458845	3:11:00	3,183333333	SOMATÓRIO TTR
459305	0:23:00	0,383333333	30,32
459311	0:26:00	0,433333333	MTTR (Decimal)
460287	0:41:00	0,683333333	1,08
462560	1:00:00	1	MTTR (Sexagesimal)
462824	0:59:00	0,983333333	01:04:58
465405	0:40:00	0,666666667	
467073	0:29:00	0,483333333	
467291	1:59:00	1,983333333	
467365	0:37:00	0,616666667	
467416	1:10:00	1,166666667	
467558	0:48:00	0,8	
467702	0:25:00	0,416666667	
467743	0:40:00	0,666666667	
467792	5:55:00	5,916666667	
468339	1:05:00	1,083333333	
468352	0:10:00	0,166666667	
470601	0:59:00	0,983333333	
472422	0:19:00	0,316666667	
472681	0:58:00	0,966666667	
473458	3:09:00	3,15	
473476	0:39:00	0,65	
476098	0:08:00	0,133333333	
478386	0:42:00	0,7	
479623	0:28:00	0,466666667	
479668	0:07:00	0,116666667	
481258	1:18:00	1,3	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com base nas informações apresentadas, é evidente que a Empilhadeira retrátil M77-1 demonstra um MTTR significativamente mais elevado em relação à Empilhadeira retrátil M77-2. Enquanto a M77-1 apresenta um MTTR de 15,03 horas, a M77-2 registra um MTTR consideravelmente menor, de apenas 1,08 horas. Essa disparidade sugere que a M77-1 enfrenta tempos de parada substancialmente mais longos devido a sua baixa manutenibilidade em comparação com a M77-2, o que é um indicativo de uma maior necessidade de otimização do processo de manutenção para reduzir os tempos em estado de pane do equipamento. Essa análise ressalta a importância de avaliar o desempenho e a eficiência dos equipamentos, visando à minimização dos impactos negativos das paradas não programadas e à melhoria da disponibilidade dos ativos.

4.3.1 Cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF)

Para calcular o MTBF foi utilizada a fórmula (2) com o auxílio de uma planilha eletrônica. Os dados do relatório do SIGA foram reorganizados para encontrar o número de intervenções (N) e também para realizar o cálculo do somatório do tempo entre falhas (tbf).

Para a Empilhadeira M77-1, foram identificadas 22 intervenções, com o TBF totalizando 3916,6 horas. Após os cálculos, determinou-se que o tempo médio entre falhas da M77-1 é de 178,03 horas, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Cálculo MTBF da M77-1

MTBF - Tempo Médio Entre Falhas			$MTBF = 1/N \sum_{n=1}^{\infty} (tbf)$
OS	TEMPO ENTRE FALHAS	CONVERTER DECIMAL	N
458915	0:00:00	0,00	22
459018	39:18:00	39,30	SOMATÓRIO tbf
459560	49:34:00	49,57	3916,6
459573	0:33:00	0,55	MTBF (Decimal)
462690	456:14:00	456,23	178,03
463247	54:17:00	54,28	MTBF (Sexagesimal)
464956	305:39:00	305,65	178:01:38
465890	147:55:00	147,92	
466844	170:17:00	170,28	
467703	157:46:00	157,77	
468498	99:07:00	99,12	
470362	309:19:00	309,32	
471678	218:03:00	218,05	
473344	255:52:00	255,87	
474482	163:02:00	163,03	
474865	48:57:00	48,95	
475708	145:25:00	145,42	
476463	22:06:00	22,10	
476696	22:06:00	22,10	
476825	19:42:00	19,70	
477804	142:42:00	142,70	
480811	379:41:00	379,68	
485159	709:01:00	709,02	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a Empilhadeira M77-2, foram registradas 27 intervenções, com um TBF de 3659,75 horas. Após a realização dos cálculos, obteve-se um valor de MTBF de 135,55 horas, como ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Cálculo MTBF da M77-2

MTBF - Tempo Médio Entre Falhas			$MTBF = 1/N \sum_{n=1}^{\infty} (tbf)$
OS	TEMPO ENTRE FALHAS	CONVERTER DECIMAL	N
458576	0:00:00	0,00	27
458845	19:59:00	19,98	SOMATÓRIO tbf
459305	88:47:00	88,78	3659,75
459311	0:29:00	0,48	MTBF (Decimal)
460287	144:44:00	144,73	135,55
462560	341:00:00	341,00	MTBF (Decimal)
462824	67:21:00	67,35	135:32:47
465405	399:30:00	399,50	
467073	295:31:00	295,52	
467291	25:26:00	25,43	
467365	14:58:00	14,97	
467416	3:20:00	3,33	
467558	19:12:00	19,20	
467702	68:05:00	68,08	
467743	4:05:00	4,08	
467792	4:50:00	4,83	
468339	56:45:00	56,75	
468352	1:12:00	1,20	
470601	385:39:00	385,65	
472422	288:31:00	288,52	
472681	29:07:00	29,12	
473458	118:06:00	118,10	
473476	1:01:00	1,02	
476098	445:17:00	445,28	
478386	339:53:00	339,88	
479623	191:07:00	191,12	
479668	4:43:00	4,72	
481258	301:07:00	301,12	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com base nas informações obtidas para as Empilhadeiras M77-1 e M77-2, constata-se que a M77-1 demonstrou um MTBF de 178,03 horas, enquanto a M77-2 apresentou um MTBF de 135,55 horas. Essa diferença indica que a M77-1 possui um intervalo de tempo entre falhas mais longo em comparação com a M77-2, sugerindo uma maior confiabilidade da M77-1 no que diz respeito à frequência de ocorrência de falhas.

4.3.1 Cálculo da disponibilidade de máquina (A)

Para calcular a disponibilidade foi utilizada a fórmula (3) com o auxílio de uma planilha eletrônica. Os dados necessários para o cálculo foram os valores dos indicadores encontrados anteriormente, MTBF e MTTR.

Figura 11 - Cálculo da disponibilidade da M77-1

A - Disponibilidade		$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$
MTTR (Decimal)	15,03	DISPONIBILIDADE
MTBF (Decimal)	178,03	0,92
		% DISPONIBILIDADE
		92%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 12 - Cálculo da disponibilidade da M77-2

A - Disponibilidade		$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$
MTTR (Decimal)	1,08	DISPONIBILIDADE
MTBF (Decimal)	135,55	0,99
		% DISPONIBILIDADE
		99%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Conforme visualizado acima com o auxílio das Figuras 11 e 12, os valores de disponibilidade das Empilhadeiras M77-1 e M77-2 foram encontrados como 92% e 99%, respectivamente. Esses dados refletem a capacidade operacional de cada equipamento em termos de estar disponível para desempenhar suas funções no

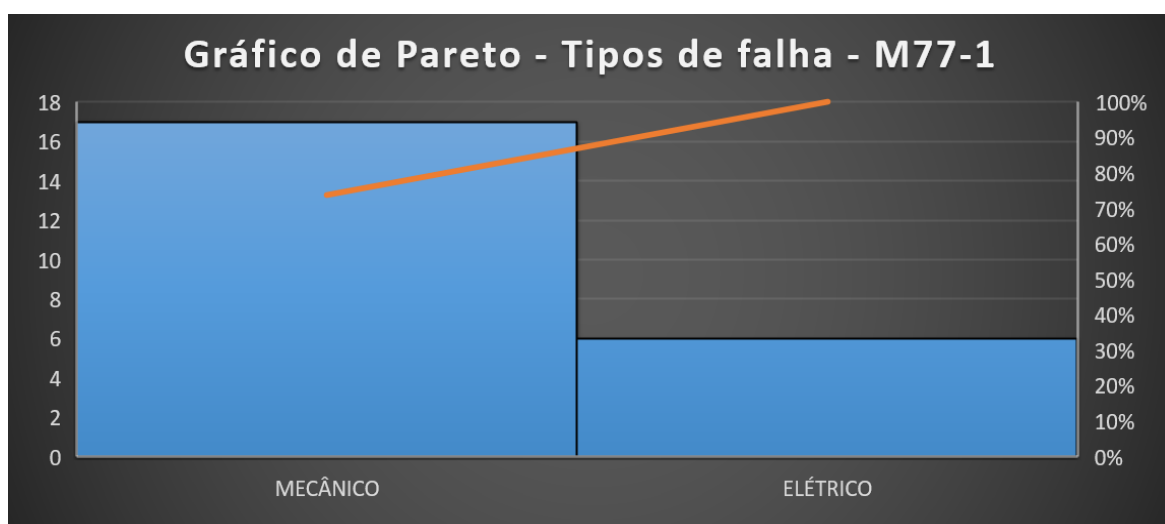
contexto do setor de expedição. A empilhadeira M77-2 demonstra uma disponibilidade superior em comparação com a M77-1, o que pode ser crucial na otimização do processo de expedição e na minimização de paradas não programadas.

4.4 Principais falhas da máquina de maior criticidade

A fim de identificar as principais falhas da máquina de maior criticidade, foi adotado um procedimento similar às etapas anteriores. Inicialmente, um relatório foi gerado no SIGA, contendo informações sobre os tipos de problemas que resultaram em paradas de operação na Empilhadeira retrátil M77-1

Posteriormente, as falhas foram categorizadas de acordo com a natureza da intervenção necessária, que pode ser classificada como manutenção mecânica ou elétrica. A análise do histórico indicou que a máquina exigiu um total de 23 intervenções, das quais 17 foram relacionadas a problemas mecânicos e 6 a problemas elétricos, ou seja, aproximadamente 74% das falhas foram ocasionadas por problemas mecânicos (Figura 13).

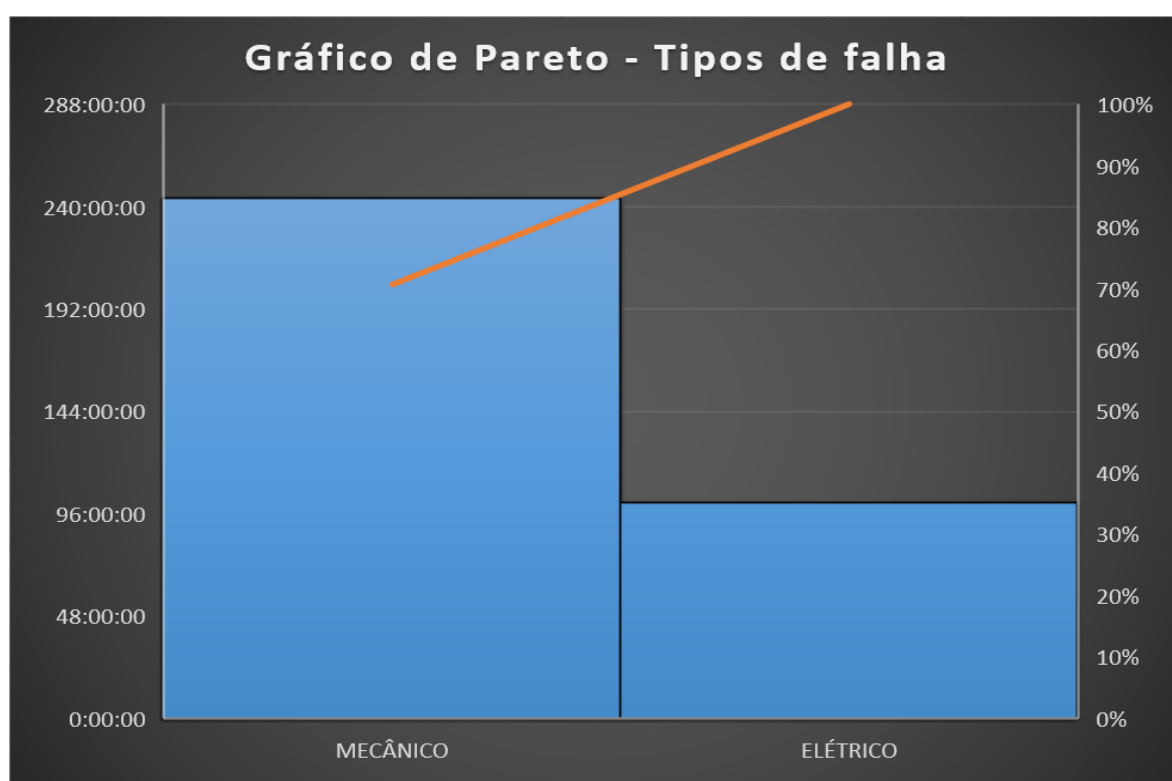
Figura 13 - Gráfico de Pareto - Tipos de falha - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Na análise dos dados referentes ao tempo de inatividade da máquina devido a problemas específicos, observou-se uma tendência consistente no gráfico, conforme demonstrado na figura a seguir (Figura 14), uma vez que as falhas mecânicas representaram cerca de 70% do tempo total em que a máquina permaneceu inativa. Isso destaca a dominância dos problemas mecânicos na contribuição para o tempo de inatividade da máquina.

Figura 14 - Gráfico de Pareto - Tempo por tipos de falha - M77-1



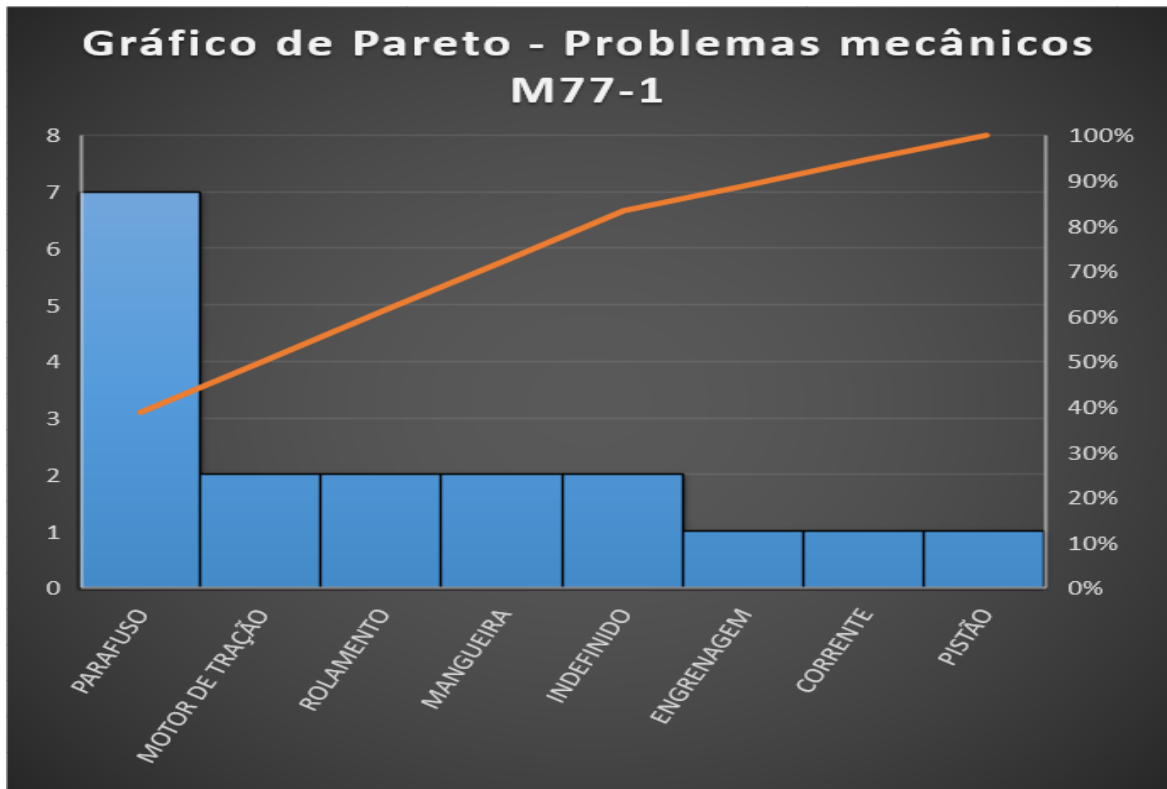
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A subsequente etapa envolveu a análise detalhada dos problemas mecânicos e elétricos registrados na máquina, com o objetivo de identificar as ocorrências recorrentes. Isso foi realizado a fim de determinar quais problemas se manifestam de maneira persistente na máquina em questão.

Como evidenciado no Gráfico de Pareto apresentado na Figura 15, a análise dos problemas mecânicos destacou o parafuso de fixação do motor quebrado como

a falha mais frequente, correspondendo a aproximadamente 40% do total de problemas mecânicos registrados.

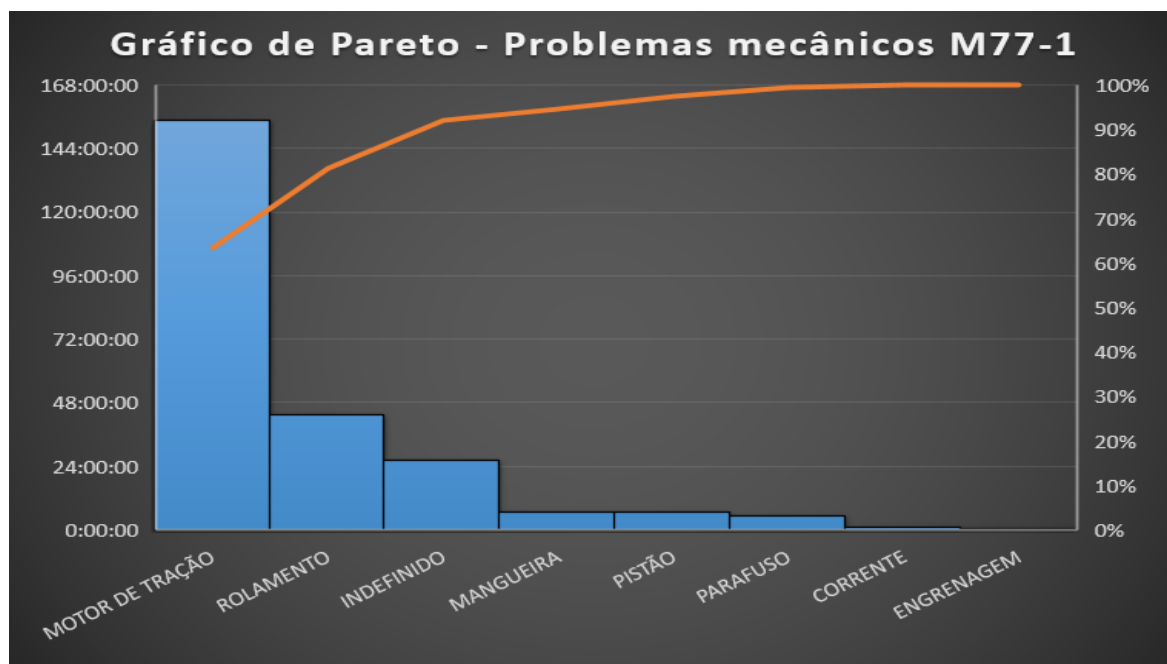
Figura 15 - Gráfico de Pareto - Problemas mecânicos - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

No entanto, ao examinar as horas de inatividade associadas a cada tipo de problema, Figura 16, torna-se evidente que a falha devido a quebra do parafuso de fixação do motor resulta em apenas 5 horas de parada da máquina. Enquanto isso, a falha devido a problemas no motor de tração é responsável por um período significativamente maior, com aproximadamente 154 horas em estado de pane, representando cerca de 63% do total de tempo de inatividade decorrente de problemas mecânicos.

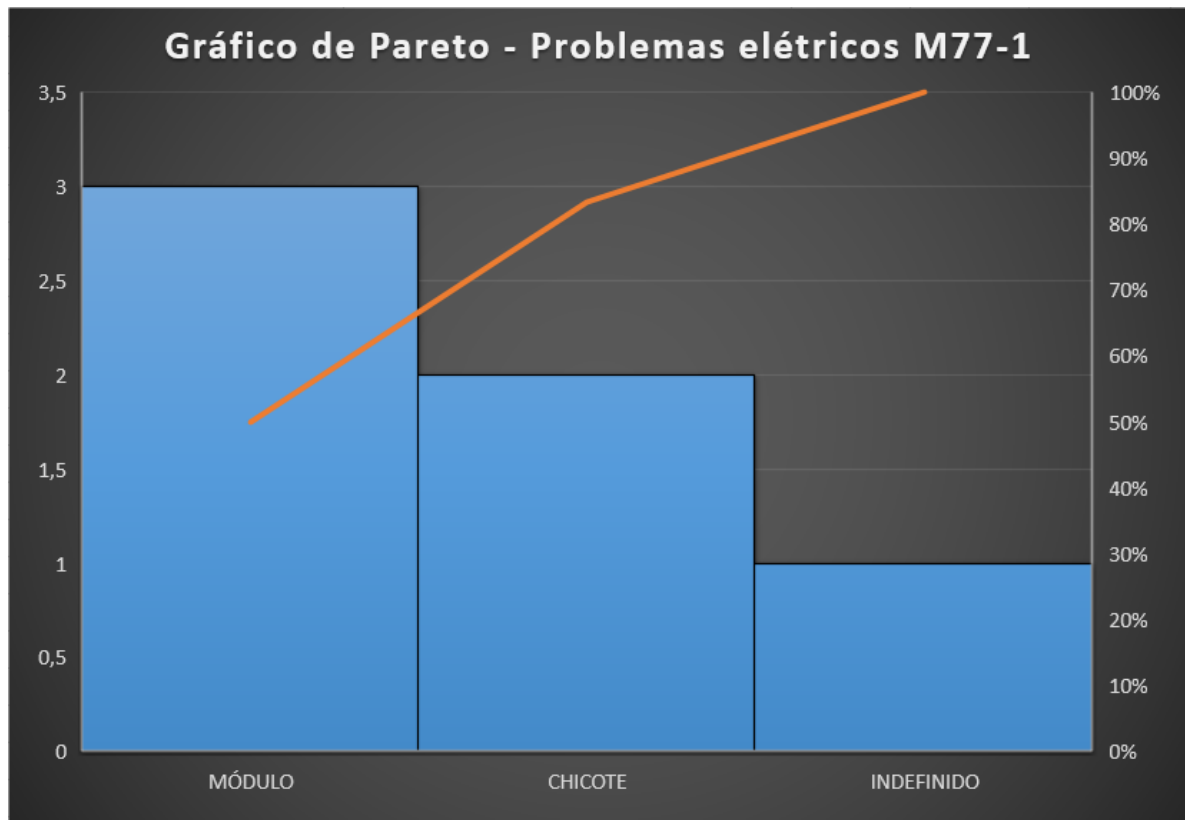
Figura 16 - Gráfico de Pareto - Horas por problemas mecânicos - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

No contexto elétrico, embora o número absoluto de problemas seja menor, a falha no módulo emergiu como uma ocorrência recorrente, responsável por cerca de 50% das falhas elétricas, conforme ilustrado na Figura 17. Essas constatações refletem a relevância de tais problemas na geração de falhas no funcionamento da máquina.

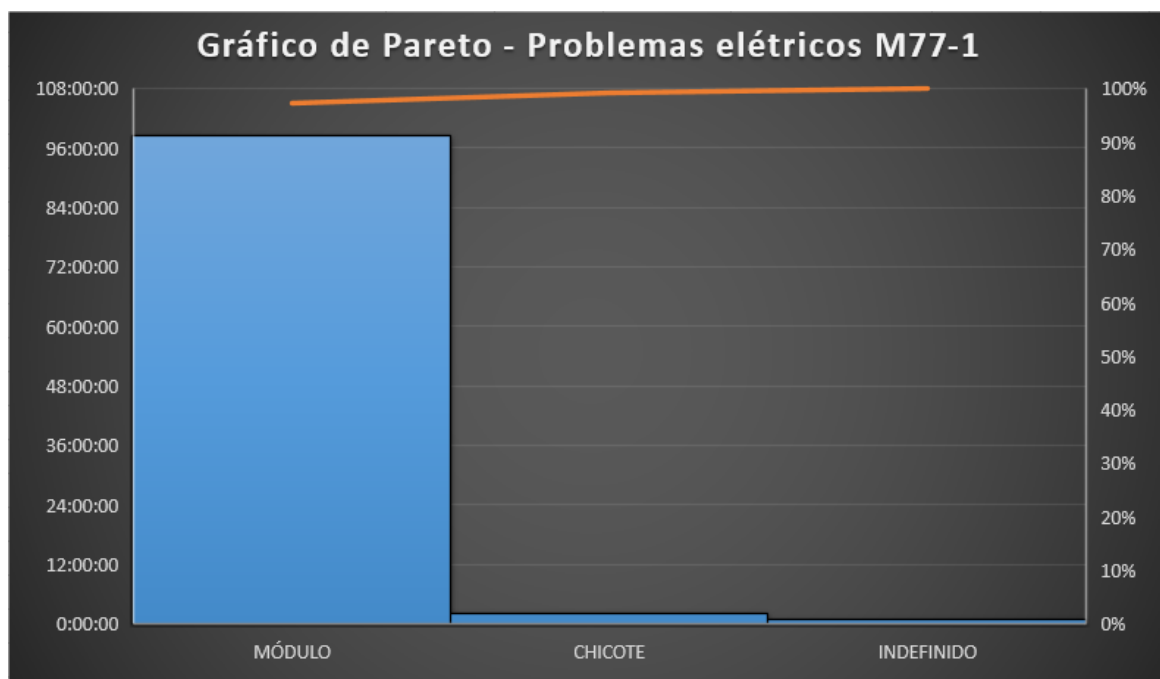
Figura 17 - Gráfico de Pareto - Problemas elétricos - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Observando-se o gráfico que apresenta o registro das horas em estado de inatividade da máquina devido a problemas elétricos (Figura 18). Torna-se evidente que o problema no módulo é o principal responsável pelo tempo em estado de pane do equipamento. Esse problema representa 97% das horas de inatividade totais devido a questões elétricas.

Figura 18 - Gráfico de Pareto - Horas por problemas elétricos - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

A análise revela que a Empilhadeira M77-1 enfrenta principalmente problemas mecânicos. Dentre os problemas, o parafuso de fixação do motor quebrado é o mais frequente, mas o motor de tração é o principal causador de tempo de inatividade. No âmbito elétrico, o módulo emerge como a principal fonte de falhas. Portanto, a manutenção deve se concentrar na prevenção de problemas no motor de tração e no módulo elétrico para otimizar a disponibilidade da máquina.

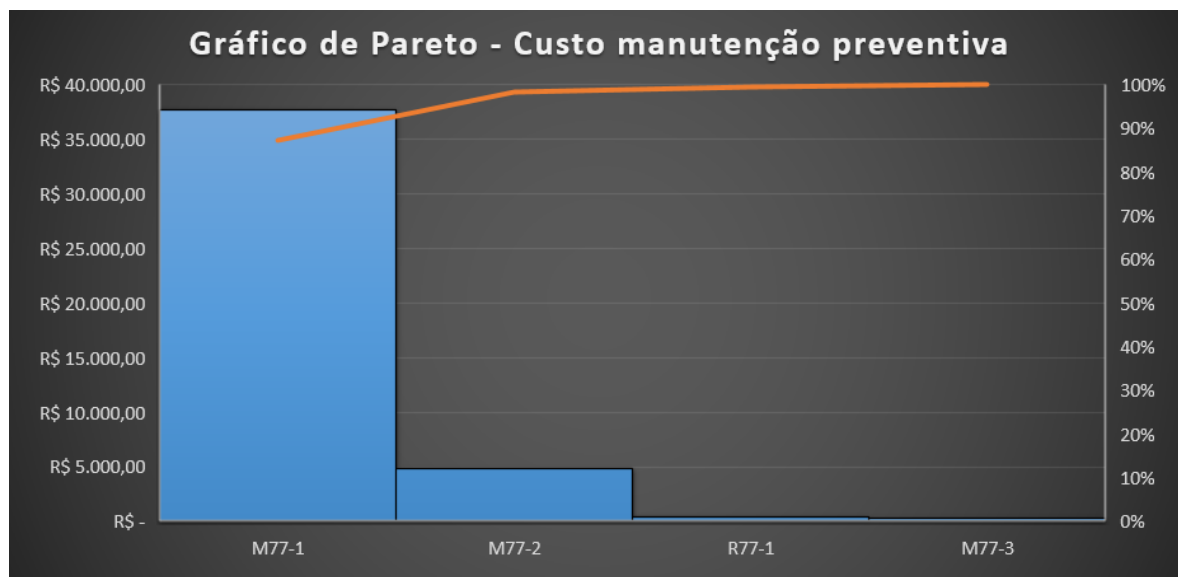
4.5 Custos de manutenção da máquina de maior criticidade

Foi observada a necessidade de comparar os custos de manutenção preventiva e corretiva das empilhadeiras do setor de expedição, com o objetivo de embasar uma ação assertiva na elaboração de melhorias no processo de manutenção.

No período de estudo, foram alocados aproximadamente R\$43.000,00 para manutenções preventivas e R\$84.000,00 para manutenções corretivas, totalizando um valor de R\$127.000,00. Como evidenciado nas figuras a seguir, são observadas

discrepâncias significativas ao comparar os custos de manutenção das empilhadeiras.

Figura 19 - Gráfico de Pareto - Custo manutenção preventiva das empilhadeiras

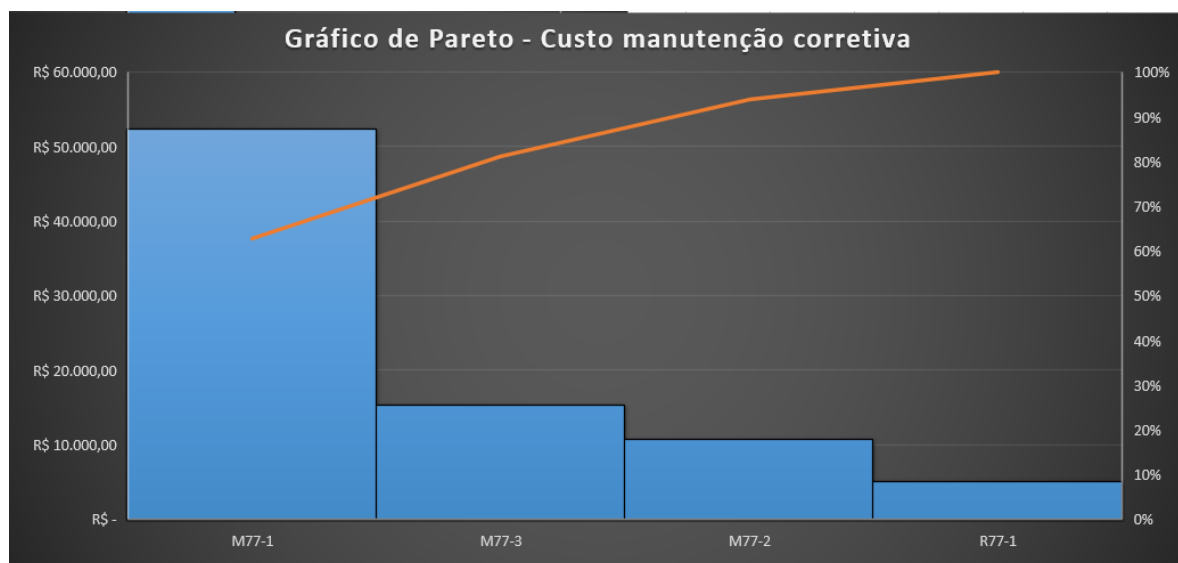


Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Conforme ilustrado na Figura 19, verifica-se que os recursos destinados à manutenção preventiva da Empilhadeira M77-1 totalizam aproximadamente R\$38.000,00, equivalente a 87% do montante destinado à manutenção das quatro empilhadeiras presentes no setor.

No custo de manutenção corretiva, como representado na Figura 20, observa-se mais uma vez que a M77-1 é responsável pelo maior dispêndio, com um valor aproximado de R\$52.000,00, o que equivale a 63% do montante destinado à manutenção corretiva das empilhadeiras.

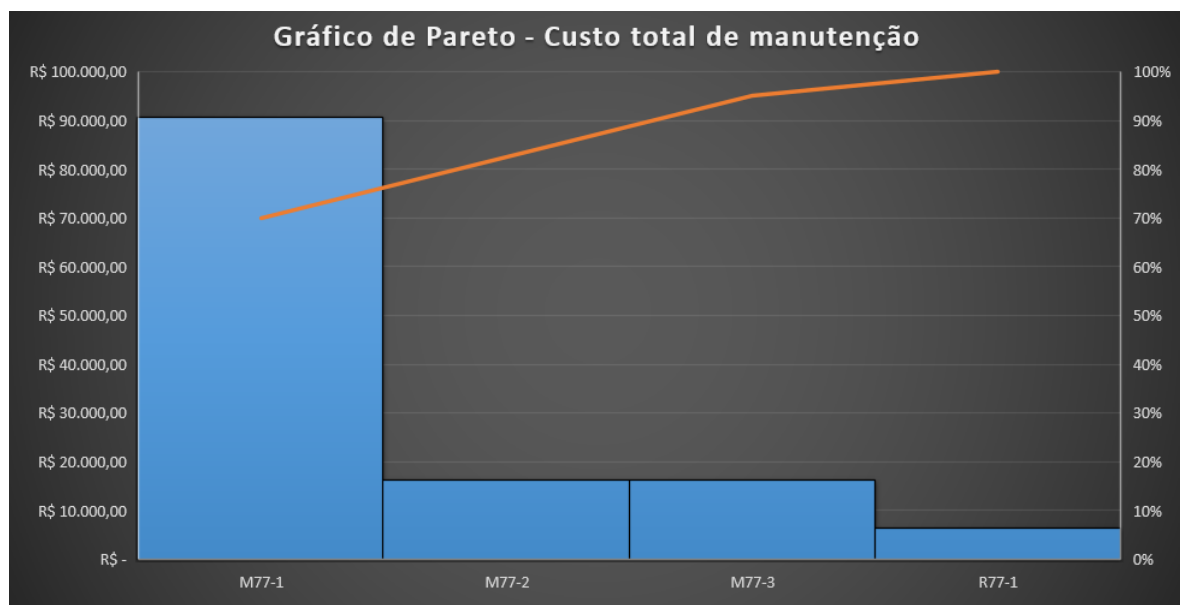
Figura 20 - Gráfico de Pareto - Custo manutenção corretiva do setor de EXD



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Quando se analisa o valor total alocado para a manutenção das empilhadeiras, conforme apresentado na Figura 21, a discrepância nos custos torna-se mais evidente, especialmente no que se refere aos valores significativos destinados à manutenção da M77-1.

Figura 21 - Gráfico de Pareto - Custo total de manutenção - M77-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

O valor gasto nas manutenções da M77-1 é de aproximadamente R\$91.000,00, equivalente a 70% do total gasto para manutenção das quatro empilhadeiras.

Utilizando a mesma abordagem aplicada para a comparação dos resultados dos indicadores, ao comparar os gastos com a manutenção das Empilhadeiras M77-1 e M77-2, verifica-se que a Empilhadeira M77-2 demandou apenas R\$16.342,15 para manutenção, representando apenas 13% do montante dispendido nas manutenções das empilhadeiras do setor. Isso destaca claramente uma discrepância substancial nos custos de manutenção entre as duas empilhadeiras.

Outro dado relevante é que o orçamento destinado à manutenção de todas as máquinas presentes no setor de expedição durante o período de estudo totalizou aproximadamente R\$242.000,00, e a Empilhadeira M77-1 foi responsável por quase 40% desse valor. Isso salienta a importância de considerar estratégias eficientes de manutenção para otimizar os custos e melhorar o desempenho global do setor de expedição.

4.6 Proposta de melhoria

No contexto da pesquisa apresentada neste projeto de conclusão de curso, foi direcionada a atenção para o setor de expedição de uma agroindústria, com o intuito de analisar e otimizar a eficiência operacional e os custos associados à manutenção de equipamentos industriais. Durante a investigação, emergiu um cenário crítico relacionado a uma das empilhadeiras em operação nesse setor. A análise detalhada dos custos de manutenção revelou que essa empilhadeira, doravante denominada Empilhadeira retrátil - M77-1, apresenta um custo substancial de manutenção, o qual tem impacto significativo nas operações e no orçamento do setor.

Este cenário motivou a investigação e elaboração de propostas de melhoria, com foco na aquisição de um equipamento novo, visando otimizar a eficiência operacional e reduzir os custos associados à manutenção. Esta proposta se fundamenta na aplicação da MCC como abordagem analítica para a tomada de decisões em relação à aquisição de equipamentos industriais, considerando não apenas o custo inicial, mas também os custos de manutenção ao longo do tempo. A pesquisa busca, assim, apresentar uma solução que proporcione uma alternativa viável para a gestão de ativos e a melhoria da eficiência no ambiente industrial em questão.

Os dados obtidos através deste projeto foram apresentados para o supervisor de manutenção da agroindústria. Devido a recorrentes problemas na empilhadeira M77-1 que por ficar em estado de pane por longos períodos ocasionou problemas diretos na produção, a equipe de PCM já estava buscando soluções para esse equipamento. Diante deste cenário, surge a hipótese de que a aquisição de um equipamento novo poderia representar uma solução potencial para mitigar os custos excessivos e melhorar o desempenho operacional, sendo este o foco central da proposta de melhoria.

A agroindústria depende de um plano de investimentos para a aquisição de novos equipamentos, sujeito à solicitação da unidade e à aprovação pela gestão corporativa. Após a coleta de dados que incluiu o levantamento de tempos de inatividade, cálculo de indicadores e custo de manutenção, a análise concentrou-se na avaliação da depreciação do equipamento em questão, conforme representado na Figura 22, tendo em vista que a data de aquisição remonta ao ano de 2015.

Figura 22 - Depreciação - M77-1

Descrição da Máquina	Data aquisição	Valor do Bem	Depreciação Total	Depreciação Mensal	Valor residual
M77-1 (EMPILHADEIRA RETRÁTIL - MR16 HD)	01/05/2015	R\$ 132.930,60	R\$ 112.991,00	R\$ 1.107,76	R\$ 19.939,62

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base no relatório do SIGA

Com base nos registros da base de dados da agroindústria, estabeleceu-se uma vida útil de 120 meses, equivalente a 10 anos, para o equipamento em questão. Ao longo de um período de pouco mais de 8 anos de operação, a máquina apresentou uma depreciação acumulada de R\$112.991,00, e seu valor residual atual é de aproximadamente R\$20.000,00.

Considerando o custo de manutenção despendido para manter o equipamento operacional durante o período de estudo, constatou-se que esse montante supera em mais de quatro vezes o valor residual do equipamento, indicando a significativa parcela de recursos alocada na manutenção em relação ao valor remanescente da máquina.

Posteriormente, deu-se início ao processo de busca por um orçamento com o intuito de adquirir uma máquina do mesmo fabricante já utilizada em outras unidades da agroindústria. Essa escolha se baseou na capacidade da máquina em atender a todas as especificações necessárias para o desempenho das tarefas no setor de expedição. A Empilhadeira retrátil 1.6 MR16 BR foi identificada como a opção que satisfaz todas as especificações fornecidas ao fornecedor, como ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Empilhadeira retrátil 1.6 MR16 BR

<u>Empilhadeira Classe II Retrátil 1.6 MR16 BR</u>	
Empilhadeira Elétrica Retrátil Posição do operador sentado, Motores elétricos com Corrente Alternada , Rodas em poliuretano, freios regenerativos, direção eletrônica progressiva, Demais itens e acessórios padrões de fábrica.	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Três motores de corrente alternada (AC); ▪ Quatro Alavancas hidráulicas; ▪ Assento tipo Premium com ajuste de peso, altura e inclinação; ▪ Deslocador lateral integral ▪ Apoio de cabeça acolchoado; ▪ Indicador de posição de roda; ▪ Kit de iluminação; ▪ Alarme sonoro de ré; ▪ Estrobo (Giroflex); ▪ Fiação Canbus Dupla ▪ Controle Direcional 360° e 180 ° ▪ Velocidade ate 14 KM/h ▪ Elevação dos garfos de 0,8 m/s 	
	
Modelo	MR16 BR
Capacidade Nominal de Carga	1.600 kg (Centro de carga 600 mm)
Torre	Triplex Ampla visão
Altura de Elevação LIVRE	2.422 mm
Largura do equipamento	1.265 mm
Comprimento (até a face dos garfos)	1.229 mm / 1.378 mm
Comprimento dos Garfos	1.200 mm
Corredor Operacional	2.731 mm (c/ folga de 200 mm do palete)
I.P.I.	Reduzido a 0% (zero) conf. art.1 do DL 5.468 de 15/06/2005.
Classificação Final / Código Finame	84271019 / 3572825
Fabricante	HYSTER – YALE BRASIL EMPILHADEIRAS LTDA Rodovia Presidente Castelo Branco – KM 75-8, S/N City Castelo / CEP: 13308-700 / Itu – São Paulo CNPJ: 57.014.896/0001-85 / I.E: 387219243112

Fonte: Hyster (2023)

O representante comercial da empresa fabricante forneceu um orçamento com o valor de aproximadamente R\$400.000,00 para a aquisição da máquina nova, e esses dados foram transmitidos à matriz como parte da solicitação de investimento.

Após uma análise da solicitação de investimento, a matriz concedeu um retorno positivo à agroindústria, alocando um montante de aproximadamente R\$500.000,00 para a aquisição do equipamento, bem como para melhorias nas instalações do setor de expedição.

5 CONCLUSÃO

No contexto da pesquisa abordada neste projeto de conclusão de curso, a realização dos objetivos estabelecidos levou às seguintes conclusões:

1. Listar os dados das máquinas com maior índice de paradas não programadas, conforme sistema de controle da agroindústria: Os dados foram gerados e organizados com o objetivo de facilitar uma visualização detalhada, com enfoque na otimização da eficiência operacional e na gestão dos custos relacionados à manutenção dos equipamentos industriais. Esse procedimento direcionou o foco para o setor de expedição da agroindústria, revelando, ao longo da investigação, um cenário crítico associado a um dos itens em operação nesse ambiente. A avaliação dos custos de manutenção, falhas e tempo em estado de pane indicou que a Empilhadeira retrátil MR16 HD - M77-1 se destaca como o equipamento de maior criticidade, apresentando custos substanciais de manutenção que impactam significativamente tanto as operações quanto o orçamento do setor.
2. Calcular os indicadores de confiabilidade: Os indicadores foram calculados, abrangendo o Tempo Médio para Reparos (MTTR), o Tempo Médio entre Falhas (MTBF) e a Disponibilidade da máquina (A). O projeto inicialmente previa o uso do software Proconf para calcular os indicadores, mas devido a variações significativas nos resultados, a escolha foi utilizar planilhas eletrônicas. A análise dos resultados obtidos revelou que, apesar dos consideráveis investimentos em manutenção direcionados à Empilhadeira M77-1, essa máquina não obteve resultados favoráveis nos indicadores, ao ser comparada com a Empilhadeira M77-2, do mesmo modelo.
3. Propor melhorias para a manutenção utilizando princípios da manutenção centrada em confiabilidade: Inicialmente, a intenção era empregar a metodologia FMEA como parte do processo para auxiliar na formulação da proposta de melhoria. No entanto, devido a restrições de tempo, a FMEA não pôde ser implementada. O cenário crítico revelado no setor de expedição motivou a investigação e a formulação de uma proposta de melhoria, centrada na aquisição de um equipamento novo, com o propósito de otimizar a eficiência operacional e reduzir os custos associados à manutenção. Esta

proposta encontra fundamento na aplicação da MCC como abordagem analítica para embasar as decisões relativas à aquisição de equipamentos industriais. Dessa forma, são considerados não apenas os custos iniciais, mas também os custos de manutenção ao longo do tempo, bem como o aprimoramento da confiabilidade das máquinas presentes no setor de expedição.

Finalmente, tinha-se como objetivo geral a elaboração de propostas de PCM, utilizando a metodologia da MCC, visando a redução de paradas não programadas e aumento da disponibilidade das máquinas e equipamentos. O alcance desse objetivo foi viabilizado por meio da consecução dos objetivos específicos delineados. A proposta de melhoria identificada envolve a substituição do equipamento que acarretava custos elevados de manutenção, encontrava-se depreciado e resultava em longos períodos de inatividade. Esta substituição por um equipamento novo promete, no futuro, gerar um considerável aumento na confiabilidade do setor. Como parte do processo, está planejada a realização de uma avaliação contínua do desempenho da nova empilhadeira após a sua aquisição, visando acompanhar e analisar o impacto da melhoria proposta no âmbito do setor de manutenção.

Além disso, a principal conclusão a ser extraída deste estudo reside na transformação da perspectiva crítica em relação ao setor de manutenção. A utilização da MCC revelou vantagens como o aumento da confiabilidade dos ativos, redução de custos operacionais, extensão da vida útil dos itens, tomada de decisões embasadas em dados, maior segurança operacional e aprimoramento contínuo dos processos. Este projeto desempenhou um papel fundamental na alteração do paradigma da manutenção, destacando que esta transcende a mera correção do que está defeituoso. Em vez disso, seu propósito envolve a preservação dos ativos em um estado de funcionamento otimizado, enquanto se monitoram indicadores de desempenho e gastos relacionados à manutenção. Tal abordagem contribui para gerar maior confiabilidade nos itens disponíveis nos diversos setores da organização.

5.1 Sugestão para trabalhos futuros

Com base na exposição dos resultados e nas conclusões deste estudo, torna-se evidente que existem oportunidades para futuras pesquisas e

desenvolvimentos no campo da manutenção dentro da organização examinada, algumas sugestões para trabalhos futuros são:

1. Análise aprofundada dos custos operacionais e de manutenção de um novo item, a fim de verificar se os resultados esperados estão sendo alcançados.
2. Investigação de estratégias adicionais de melhoria da eficiência operacional de outros setores da agroindústria, que possam contribuir para a redução dos tempos de inatividade e dos custos de manutenção.
3. Estudo de casos similares em outras unidades da agroindústria para identificar oportunidades de otimização em diferentes contextos operacionais.

Esses trabalhos futuros podem contribuir para a contínua melhoria da eficiência operacional e da gestão de ativos na agroindústria, alinhando-se com os princípios da MCC e promovendo um ambiente de trabalho mais eficaz e econômico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**: princípios técnicos e operações. São Paulo: Saraiva, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual 2022**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf>. Acesso em: 01/05/2023

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

CALDEIRA, Jorge. **100 indicadores da gestão**. Coimbra: Conjuntura Actual, 2012.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIACON, Fabiana Peixoto; FONTES, Ketilin Modesto; GRAZZIA, Antonio Roberto. **Metodologia da pesquisa e gestão de projetos**. São Paulo: Érica, 2017.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Auricélio Barros. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Moraes da. **Manutenção Industrial**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa anual de serviços**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?=&t=destaques>. Acesso em: 01/05/2023.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2020.

MANUTENÇÃO. In: MICHAELIS, Dicionário Online da Língua Portuguesa.

Melhoramentos, 2023. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=manuten%C3%A7%C3%A3o> . Acesso em: 25/02/2023.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Blucher, 1989.

ROSA, Rafael Nunes da. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em um processo da indústria automobilística**. 2016. 102 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SILVEIRA, Aline Moraes da; VILSEKE, Abel José; PEZZATTO, Alan Thomas; GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira. **Confiabilidade de sistemas**. Porto Alegre: Sagah, 2019.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação**: uma introdução metodológica. Educação e pesquisa, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 443-466, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-97022005000300009>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27989>. Acesso em: 30 abril 2023

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM**: planejamento e controle de manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WALLIMAN, Nicholas. **Métodos de pesquisa**. São Paulo: Saraiva, 2015. Tradução de: Arlete Simille Marques.