

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – CPTL

LARISSA BOGÁS DOS SANTOS

Redução de custos em manutenção de bombas centrífugas: um estudo de caso em uma
empresa sucroalcooleira.

TRÊS LAGOAS, MS

2024

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa do setor sucroalcooleiro com o objetivo de reduzir os custos relacionados à manutenção de bombas centrífugas. Para atingir esse objetivo, foram aplicadas diversas ferramentas de qualidade, como o gráfico de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito (Ishikawa) e a metodologia 5W2H. Essas ferramentas permitiram uma análise crítica e detalhada, para identificar os principais fatores que contribuíram para os elevados custos de manutenção. A partir da identificação das causas, foi desenvolvido um plano de ação utilizando o método 5W2H, com propostas para mitigar os problemas detectados. As medidas incluíram a reorganização do layout da área de manutenção, melhorias na infraestrutura, padronização de processos e capacitação dos colaboradores. Como resultado da aplicação dessas estratégias, foi possível estimar uma redução de 32% nos custos totais de manutenção das bombas centrífugas, além de um aumento na eficiência operacional da equipe de manutenção.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade; redução de custos; melhoria de processo.

ABSTRACT

This paper presents a case study conducted in a company in the sugar and ethanol industry with the objective of reducing costs related to the maintenance of centrifugal pumps. To achieve this objective, several quality tools were applied, such as the Pareto chart, brainstorming, cause and effect diagram (Ishikawa) and the 5W2H methodology. These tools allowed a critical and detailed analysis to identify the main factors that contributed to the high maintenance costs. Based on the identification of the causes, an action plan was developed using the 5W2H method, with proposals to mitigate the problems detected. The measures included the reorganization of the layout of the maintenance area, improvements in the infrastructure, standardization of processes and training of employees. As a result of the application of these strategies, it was possible to estimate a 32% reduction in the total maintenance costs of centrifugal pumps, in addition to an increase in the operational efficiency of the maintenance team.

Keywords: Quality tools; cost reduction; process improvement.

1 INTRODUÇÃO

O principal foco das empresas tem sido a redução de custos e o aumento da produção, o que muitas vezes pode desviar a organização do verdadeiro caminho para sua sobrevivência no mercado. Para alcançar uma qualidade da produção se faz necessário passar por diversos tópicos como, gestão da qualidade, análise do melhor método de produção, a manutenção da produção e outros fatores estratégicos. Nesse contexto, a manutenção desempenha um papel essencial, garantindo tanto a qualidade quanto a disponibilidade dos equipamentos, elementos cruciais para a produtividade empresarial (Marcorin; Lima, 2003).

Para o aumento da produtividade e a obtenção de bons resultados a manutenção tem um papel fundamental como uma função estratégica para o suporte do gerenciamento e soluções de problemas (Kardec; Nascif, 2001). Dessa forma, a manutenção deve analisar os objetivos da empresa e ser gerida proporcionando um grau de funcionalidade com um custo otimizado (Souris, 1992).

No entanto, a falta de investimento em manutenção pode gerar diversos impactos negativos, a citar: elevação dos custos operacionais, sendo que as falhas podem gerar custos elevados com reparos emergenciais, perda de matéria-prima e retrabalho, além de comprometer a eficiência da produção. Por isso, é fundamental identificar com precisão os pontos de investimento em manutenção, garantindo qualidade, disponibilidade e eficiência nas unidades produtivas (Faccio; Persona; Sgarbossa; Zanin, 2014, v. 147, p. 85-93).

Diante disso, de forma mais específica, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo para redução dos custos de manutenção em bombas centrífugas no período de entressafra em uma empresa sucroalcooleira, identificando os principais fatores que destacam para os gastos elevados. Neste ponto destaque-se, que o investimento em manutenção proporcionaria uma maior eficiência nas operações e uma redução significativa nos custos.

Para a realização desta pesquisa, serão empregadas ferramentas da qualidade, incluindo gráfico de Pareto, seguido de uma sessão de *Brainstorming* e, por fim, o diagrama de causa e efeito. Essas ferramentas possibilitarão a identificação dos principais fatores que contribuem para o aumento dos gastos com a manutenção de bombas centrífugas. Com base nos resultados obtidos, serão elaboradas propostas para mitigar esses problemas, utilizando como base o método 5W2H.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção baseia-se em dois pilares: os custos associados à própria manutenção e os custos resultados da falta de manutenção. Os custos de manutenção englobam todas as despesas relacionadas às atividades diretas de conservação dos ativos e instalações fabris, como mão de obra, materiais, ferramentas, serviços de terceiros e reparos, podendo ser categorizados em três grupos distintos: custos diretos, que englobam os gastos para garantir o pleno funcionamento dos equipamentos, incluindo inspeções regulares, manutenção programadas e reparos emergenciais; custos indiretos, que abrangem os custos administrativos e de gestão relacionados à manutenção; e custos de perda de produção, que surgem devido à diminuição ou interrupção da produção causada diretamente pela falha dos equipamentos (Kaedec; Nascif, 2019).

A busca pela eliminação total de falhas pode impactar os resultados da empresa, pois exige investimentos mais elevados em manutenção. No entanto, ao encontrar o equilíbrio ideal de disponibilidade, onde o custo da manutenção resulta em uma disponibilidade máxima, é possível gerar maior lucratividade. Portanto, a função da manutenção é garantir o funcionamento eficaz das máquinas, promovendo produtividade e lucro para a empresa com o menor custo possível (Cabrita, 2002). Para que a empresa consiga alcançar seu objetivo (maior lucro, funcionalidade das operações e equipamentos sem falhas) se faz necessário um bom plano de manutenção de modo a conter e reduzir os custos (Xenos, 2014).

2.1.1 Motivos que eleva o custo de manutenção

Para Xenos (1998) diversos fatores podem impactar as qualidades dos objetivos da gestão da manutenção, tornando fundamental a realização de uma análise para identificar as principais causas que podem prejudicar a fluidez do processo.

Dentre alguns fatores, é relevante destacar falta de ferramentas adequadas ao trabalho, sem um plano de manutenção bem definido, falta de qualificação do planejador e executores das atividades, disponibilidade de materiais, entre outros. No entanto, além das dificuldades técnicas, há desafios relacionados à gestão do conhecimento, ao relacionamento interpessoal e a gestão geral de informações, fatores que impactam diretamente o resultado e a eficácia da manutenção (Boa; Souza; Tarouquela; Motta, 2020).

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Maiczuk e Andrade Júnior (2013), as ferramentas de qualidade desempenham um papel crucial nas organizações, possibilitando a identificação e eliminação das causas dos problemas, utilizando representações gráficas e técnicas específicas que ajudam a melhorar os resultados, reduzir perdas e aumentar a produtividade.

Na busca por aprimorar os processos, utiliza-se ferramentas da qualidade com o objetivo de fundamentar as decisões em dados concretos, identificando suas causas e propondo possíveis soluções (Maia; Neto, 2017).

Desse modo, nesta seção são apresentados os conceitos fundamentais das ferramentas da qualidade usadas na elaboração da pesquisa. As ferramentas escolhidas são: o diagrama de Pareto tem como finalidade identificar a causa de maior impacto em um problema específico; *brainstorming*, conhecido como tempestade de ideias, auxilia na geração de propostas e soluções para diversos problemas; diagrama de causa e efeito (Ishikawa) é utilizado para identificar as causas raízes de um problema, enquanto a ferramenta 5W2H é empregada para proporcionar melhorias e soluções direcionadas ao principal problema identificado (Peinado; Graeml, 2007).

2.2.1 Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma ferramenta de representação gráfica utilizada para identificar e priorizar os problemas mais relevantes. Segundo Slack (2002), o diagrama de Pareto pode ser aplicado em qualquer processo de melhoria, permitindo classificar os problemas ou suas causas de acordo com a ordem de importância ou a frequência com que ocorrem.

De acordo com Carpinetti (2012), o princípio de Pareto afirma que uma pequena parcela das causas é responsável pela maior parte dos problemas existentes. Assim, ao reconhecer as causas principais de um problema, torna-se viável resolver a maioria das perdas com um conjunto limitado de ações.

Carvalho *et al.* (2022), estabelece que o problema de maior relevância ou recorrência deve ser priorizado na solução, seguido pelo próximo em importância. Desta forma, as organizações direcionam seus recursos e esforços de forma mais eficiente e focada na otimização de seus processos.

2.2.2 Brainstorming

O *brainstorming*, também chamado de “tempestade de ideias”, é uma técnica externa para a geração de propostas ou soluções que contribuem para aprimorar os processos. Trata-se de uma atividade em grupo cujo propósito é estimular a produção do maior número possível de ideias, aproveitando o conhecimento dos participantes, sem espaço para críticas e em um tempo reduzido (Oliveira, 2014).

Segundo Keeney (2012), o *brainstorming* é estruturado em quatro etapas: (1) identificação do problema a ser resolvido e definição do tema a ser abordado; (2) determinação dos objetivos relacionados à solução do problema; (3) geração de soluções de forma individual; e (4) discussão coletiva das soluções propostas, envolvendo a análise das alternativas geradas.

A técnica estimula a criatividade e promove a geração de ideias relacionadas aos problemas ou às possíveis causas de uma questão (Toledo; Borrás; Mergulhão; Mendes, 2012). Como resultado, o grupo identifica a causa principal, ou seja, aquela que exerce maior impacto na ocorrência da incompatibilidade. Uma vez identificadas a origem e as principais causas do problema, torna-se viável estabelecer ações de melhoria (Pacana; Siwiec, 2021).

2.2.3 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como espinha de peixe devido ao seu formato característico, é uma ferramenta visual que auxilia na análise das causas principais de um problema específico. Segundo Carpinetti (2012), esse diagrama foi criado para mapear as diversas causas relacionadas ao surgimento de um problema, ocorrendo como um recurso para identificar a causa raiz e definir.

De acordo com Machado (2012), as causas de um problema devem ser identificadas e organizadas no diagrama com base no conceito dos 6M's, que considera falhas relacionadas a materiais, métodos, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas.

2.2.4 5W2H

De acordo com Barros *et al.* (2017), a ferramenta 5W2H visa a formulação de um plano de ação para implementação de soluções. Esse plano consiste em responder a sete perguntas básicas, sendo: What (o quê?); Why (por quê?); When (quando?); Where (onde?); Who (quem?); How (como?); How Much (quanto custa?).

Segundo Ballesterro-Alvarez (2019), esta técnica permite considerar todas as variáveis que compõem um plano de ação. Como cada planejamento possui suas próprias características, não há soluções prontas nem regras rígidas para a aplicação da ferramenta.

3 MÉTODO APLICADO

A pesquisa científica pode ser definida como a aplicação prática de metodologias por um pesquisador, com o propósito de realizar um estudo que promova o avanço do conhecimento, seja em aspectos teóricos ou práticos.

Segundo Gil (2002), a pesquisa científica é caracterizada por quatro critérios principais: o objetivo da pesquisa, a natureza dos resultados, a abordagem empregada e os procedimentos técnicos adotados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Com o intuito de conhecer a problemática sobre a área de estudo foi realizada uma pesquisa exploratória, visto que foi aplicado ferramentas da qualidade para averiguar os resultados que elas podem entregar.

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada uma vez que o propósito é adquirir conhecimento em assuntos práticos, com o olhar voltado para soluções de dificuldades específicas de interesses locais (Flick, 2013).

Para atingir os objetivos estabelecidos e garantir uma melhor compreensão deste estudo, foi adotada uma abordagem qualitativa. Nesse tipo de abordagem, o ambiente é a fonte direta dos dados coletados. O pesquisador interage diretamente com o ambiente e com o objeto de estudo, demandando um trabalho de campo mais intensivo (Pradanov; Freitas, 2013).

Quanto ao método escolhido, optou-se pelo estudo de caso, que segundo Gil (2002), é uma forma de pesquisa que examina um fenômeno em seu contexto real, onde as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e diversas fontes de evidência são utilizadas. Nesta seção, serão discutidos todos os aspectos metodológicos da pesquisa, detalhando os procedimentos necessários e úteis para analisar maneiras de reduzir os custos de manutenção de bombas centrífugas em uma empresa do setor sucroalcooleiro.

3.2 PROCEDIMENTOS

3.2.1 Planejamento do Estudo de Caso

Um estudo de caso divide a etapa de planejamento em três momentos: validação, tipo e número. No presente artigo, analisa-se uma validação interna, gerando um conhecimento relevante para a empresa estudada. No que refere-se a abordagem, o estudo de caso em questão adotará uma abordagem do tipo transversal, centrada no estudo do passado. Em relação ao número, a pesquisa é caracterizada como única, sem pretensão de generalização analítica, pois se concentra em um único fenômeno, explorando as características específicas do contexto em que está inserido. (Flick, 2013).

3.2.2 Instrumento de Coleta de Dados

Em relação aos instrumentos de coletas de dados, o trabalho foi baseado em uma análise documental, sendo que a empresa estudada utiliza-se do sistema System Applications and Products (SAP), um software utilizado para gerenciamento de processos. Nesse sistema é possível verificar o histórico de manutenção de todas as bombas tanto de safra como entressafra, materiais utilizados para realização da atividade e custos envolvidos.

3.2.3 Coleta de Dados

Após a escolha do instrumento de coleta de dados foi realizado um levantamento do histórico da base de custos em relação a manutenção em bombas centrífugas considerando custos de materiais, mão de obra e terceirização do serviço. Ocorreu o levantamento de histórico de entressafras de 2020/21; 2021/22 e 2022/23 o período acontece geralmente em 4 meses, sendo de novembro a março do ano seguinte.

3.2.4 Análise de Resultados

Logo após a coleta de dados, seguiu-se com a construção do gráfico de Pareto onde foi possível identificar uma crescente em custos de manutenção de bombas centrífugas. Em seguida foi realizado um *brainstorming* para identificar as principais causas em relação ao custo elevado, com isso foi possível construir o diagrama de causa e efeito (Ishikawa), alocando as causas discutidas de acordo com os 6M's que constitui a ferramenta, com o intuito de identificar a causa raiz do problema.

Os resultados obtidos por meio da utilização das ferramentas da qualidade descritas acima serão apresentados a partir de uma narrativa das informações coletadas e, por meio da ferramenta 5W2H, serão apresentadas propostas de melhoria.

4 ANÁLISE DE DADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DOS PROCESSOS

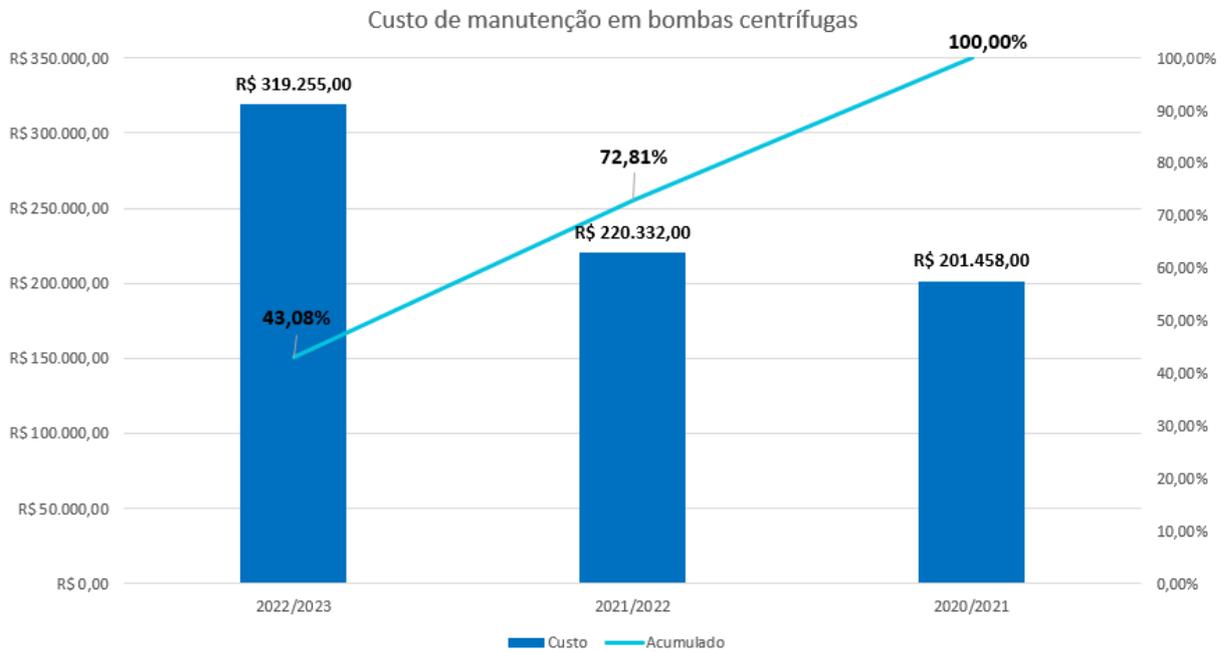
A organização que serviu como cenário de estudo é uma empresa integrada de energia de origem brasileira com presença nos setores de produção de açúcar e etanol, distribuição de combustíveis, geração de energia renovável e lubrificantes. A organização possui 35 parques de bioenergia espalhados pelo Brasil onde emprega mais de 40 mil funcionários. A unidade observada reside no interior do estado de São Paulo, com aproximadamente 3 mil colaboradores. A operação da empresa passa por dois períodos do ano safra onde a empresa opera 24 horas por dia de segunda a domingo, sendo dividido em três turnos de 8 horas cada, e entressafra onde todos os colaboradores trabalham na semana inglesa de segunda a sexta 8 horas por dia. A companhia possui um faturamento anual de R\$50 milhões de reais, sendo responsável pela produção de açúcar, etanol e energia renovável.

4.2 ANÁLISE DO PROCESSO E DIAGNÓSTICO

O setor de manutenção industrial é responsável por executar serviços de manutenção em todas as áreas da empresa, abrangendo equipamentos como bombas, redutores e motores. No total, a empresa possui 160 bombas, sendo 4 do tipo palheta, 7 de vácuo, 49 helicoidais e 100 centrífugas, esta última utilizada como foco do estudo de caso.

Diante da necessidade da empresa de reduzir os custos associados à manutenção de bombas centrífugas durante o período de entressafra, considerando que a quantidade expressiva desses equipamentos contribui para despesas elevadas, este tema foi escolhido como foco da pesquisa. Com o objetivo de identificar o período de entressafra que apresentou os maiores custos, foi gerado um relatório por meio do software SAP. Esse relatório permitiu a análise dos custos relacionados às bombas centrífugas nas entressafra de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. Os dados levantados são apresentados na figura 1.

Figura 1 – Análise de custos por ano safra em manutenções de bombas centrífugas em entressafra



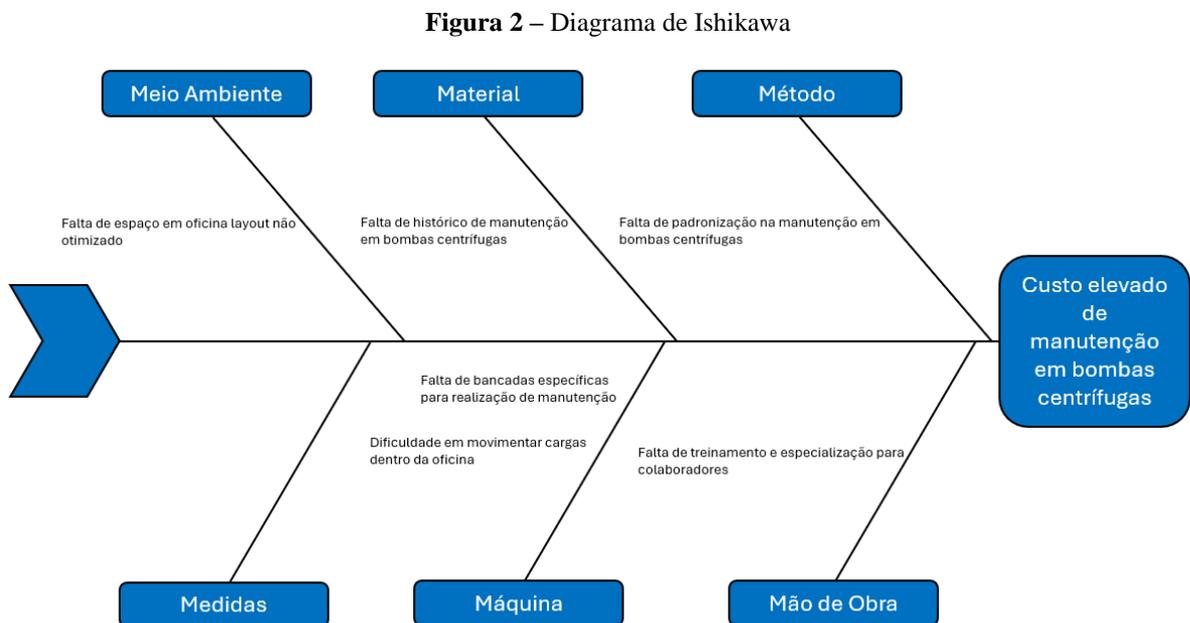
Fonte: Autor (2024)

No ano de 2022/2023, observou-se o maior percentual de custos, atingindo 43,08%. Normalmente, o período de entressafra ocorre de novembro a março do ano seguinte. Contudo, em 2022, a entressafra foi antecipada, começando em outubro e se estendendo até março. Isso levou a um aumento significativo nas manutenções de bombas centrífugas. Nos anos anteriores, a média era de 50 manutenções, mas na entressafra 2022/2023 foram realizadas intervenções em 75 equipamentos. A equipe própria tinha capacidade para 60 desses equipamentos, portanto, 15 equipamentos foram enviados para manutenção terceirizada, gerando um custo não planejado.

Em 2022/2023, o custo médio das intervenções em bombas centrífugas internas foi de aproximadamente R\$3.330,00. Com 60 manutenções realizadas, o custo total foi de R\$199.800,00. Cada manutenção demandou cerca de 16 horas de trabalho, com uma equipe de dois mecânicos, realizada de segunda a sexta-feira, excluindo sábados, domingos e o recesso de 15 dias entre Natal e Ano Novo. As 15 bombas que passaram por manutenção terceirizada tiveram um custo médio de R\$7.963,67, totalizando R\$119.455,00. Isso representou um aumento de 75% em relação ao custo médio da manutenção interna, sob as mesmas condições. Sendo assim, observa-se que o principal motivo para o aumento dos custos é a necessidade de

terceirizar a manutenção de algumas bombas, uma vez que a equipe própria não conseguiria realizar todas as manutenções a tempo para o início da próxima safra.

Como demonstrado, a ação de terceirizar os serviços é o maior agravante para o aumento significativo dos custos. Dessa forma foi realizado um *brainstorming* com supervisor e gestores da área, com o objetivo de levantar as possíveis causas para a necessidade de terceirização das bombas que acarretaram um aumento significativo dos custos. Em seguida, foi elaborado um diagrama de Ishikawa apresentado na figura 2 para visualizar de forma clara, as potenciais causas do problema, considerando os 6Ms (materiais, métodos, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas), e os efeitos que impactam diretamente os custos.



Fonte: Autor (2024)

Com base nos dados apresentados no diagrama de Ishikawa, ilustrado na figura 2, foram identificadas seis principais causas raízes do problema. Na categoria material, destacou-se a falta de um histórico adequado de manutenção. Ocorria, do equipamento passar por intervenções na oficina, mas as informações cruciais não eram devidamente registradas, como por exemplo os defeitos observados durante a desmontagem, as causas das falhas e os materiais substituídos.

Essa ausência de documentação dificulta futuras manutenções, pois impede a identificação prévia dos materiais necessários e a verificação de sua disponibilidade. Além disso, a falta dessas informações impede em agilidade na tomada de decisões, como optar pela

terceirização da manutenção caso o prazo de entrega dos materiais seja superior ao esperado. Um histórico bem estruturado facilitaria a gestão de estoque e otimização do processo de manutenção, atrasos e custos.

No que diz respeito ao método, constatou-se a ausência de padronização nos procedimentos de desmontagem, manutenção e montagem das bombas centrífugas. Devido à falta de um processo padronizado, os equipamentos eram montados com base na experiência individual de cada mecânico, o que, em alguns casos, resultava em erros de montagem. Esses erros exigiam o retorno do equipamento à oficina para correção, gerando retrabalho e aumento de custos.

Em mão de obra, observou-se uma carência de treinamento e especialização, evidenciada pela dificuldade dos mecânicos na realização da manutenção de certos tipos de bombas, especialmente aquelas com vedação por selo mecânico. Esse problema está relacionado à experiência limitada de parte da equipe, que é composta por mecânicos especializados como sênior, pleno e júnior.

A construção por selo mecânico é um processo altamente criterioso, pois existem seis tipos diferentes de selos, cada um com diferentes especificações para montagem. Caso o selo seja montado incorretamente, a colocação não será eficaz, comprometendo a capacidade da bomba de operar corretamente. Em situações mais críticas, pode ser necessário substituir o selo, o que acarreta custos adicionais e maior tempo de parada do equipamento.

Em relação a categoria máquina foram identificadas duas causas raízes. A primeira é a ausência de bancadas específicas para a realização das atividades de manutenção, considerando a diversidade de tamanhos das bombas. A falta de bancadas específicas exige a ergonomia e a segurança dos colaboradores durante a execução das tarefas.

A segunda causa é a dificuldade na movimentação de cargas, já que há apenas um pórtico com uma talha manual disponível. Essa limitação exige grande esforço físico dos trabalhadores, prolongando o tempo necessário para a manutenção.

Por último, em meio ambiente foi identificado o aumento na demanda de manutenção gerou um elevado fluxo de equipamentos na oficina, evidenciando a inexistência de um fluxo organizado e definido para alocar os equipamentos. Além disso, o espaço físico do barracão revelou-se insuficiente para acomodar o volume crescente de equipamentos, dificultando ainda mais as operações e impactando qualidades na eficiência do processo.

Por fim, nota-se que o grupo medidas não foi preenchido, isso porque em medidas não foram encontradas causas que envolvesse os instrumentos de medida, que elevassem os custos em manutenção de bombas centrífugas.

4.3 PROPOSTA DE MELHORIA

Com base nas etapas anteriores, foi possível identificar o maior problema do aumento de custos em manutenção de bombas centrífugas e suas principais causas raízes. A partir disso, foram elaborados planos de ação utilizando a metodologia 5W2H, apresentado no quadro 1, em que para cada causa foi sugerido uma ação. Os custos foram levantados a partir de uma cotação realizada pelo setor de RH (treinamentos) e fornecedores de matérias para realização de adequação de infraestrutura.

Quadro 1 - Aplicação da metodologia 5W2H

PLANO DE AÇÃO 5W1H						
O que?	Como?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Quanto?
Histórico de manutenção interna	Será elaborado um caderno técnico contendo todas as informações sobre a condição da bomba no momento da desmontagem, as peças substituídas, bem como as medidas e folgas utilizadas durante o processo de montagem	Estagiária	Jan/2025	Setor de manutenção	Para auxiliar em tomadas de decisões mais rápidas em caso de quebras e paradas não planejadas, além de ter um planejamento assertivo	Em média R\$300,00 Demanda de 10 horas (no período de uma semana)
Procedimento operacional padrão para manutenção de bombas centrífugas	Elaboração de procedimento operacional padrão para desmontagem, manutenção e montagem de bombas centrífugas.	Estagiária e Gestor	Fev/2025	Setor de manutenção	Para padronizar as atividades e evitar retrabalhos	Em média R\$2.000,00 Demanda de 120 horas (no período de um mês)

Quadro 1 - Aplicação da metodologia 5W2H (continuação)

PLANO DE AÇÃO 5W1H						
O que?	Como?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Quanto?
Treinamento técnico com colaboradores	Aplicação de treinamento técnico para os mantenedores da empresa. Esse treinamento será realizado por fornecedores das bombas explicando passo a passo para a realização de manutenção em especial vedações por selo mecânico	Supervisor Gestor de manutenção e RH	Jan/2025	Setor de manutenção	Para garantir uniformização de informações entre colaboradores	Em média R\$15.000,00 Demanda de tempo 8 horas (por treinamento)
Bancadas ergonômicas	Aquisição de bancadas apropriadas para a manutenção, considerando a variedade de tamanhos de bombas utilizadas na empresa	Supervisor/ Gestor de manutenção	Fev/2025 a Mar/2025	Setor de manutenção	Para proporcionar uma redução de esforço físico e ter um trabalho mais eficiente	Investimento de R\$35.000,00 (no período de dois meses)
Pórtico e talhas elétricas	Será instalado um pórtico equipado com duas talhas elétricas, com o objetivo de atender à alta demanda de manutenção de bombas durante a entressafra, proporcionando maior agilidade e segurança na execução das atividades	Supervisor/ Gestor de manutenção	Fev/2025 a Abril/2025	Setor de manutenção	Eficiência na movimentação dos equipamentos dentro da oficina	Investimento de R\$50.000,00 (no período de três meses)

Quadro 1 - Aplicação da metodologia 5W2H (conclusão)

PLANO DE AÇÃO 5W1H						
O que?	Como?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Quanto?
Layout da oficina	Expansão e elaboração do layout da oficina, estabelecendo um fluxo otimizado desde a entrada do equipamento até sua saída para instalação no local	Supervisor/ Gestor de manutenção	Jan/2025 a Jul/2025	Setor de manutenção	Expansão da oficina para conseguir armazenar os equipamentos e manter organizado visando o aumento da produtividade	Investimento de R\$80.000,00 (no período de sete meses)

Fonte: Autor (2024)

Após a elaboração do plano de ação apresentado no quadro 1, foi possível identificar as ações que necessitam ser executadas para a redução de custos em manutenção de bombas centrífugas.

A primeira ação diz respeito a elaboração de um caderno técnico, visto que atualmente não existe um histórico de manutenções anteriores em bombas centrífugas. Essa ação possui como propósito deter um registro de manutenções anteriores para auxiliar em decisões mais ágeis em casos de falhas, verificando se é possível realizar a manutenção interna ou será necessário a realização de manutenção externa. O custo para o desenvolvimento do histórico será de R\$300,00, o valor inclui a duração de tempo de envolvimento da estagiária e custo de impressão e encadernação. A elaboração proposta terá duração de 10 horas, sendo duas horas por semana. Como apresentado na seção 4.1, tem-se que o faturamento médio anual da empresa é de 50 milhões de reais por ano, portanto a ação em questão representará 0,0006% deste valor.

A segunda ação consiste na estruturação de um procedimento operacional padrão que deverá auxiliar os mecânicos na desmontagem manutenção e montagem das bombas. Essa prática busca padronizar os processos de manutenção, visto que as manutenções são realizadas de acordo com a experiência do mecânico que está realizando. Desse modo espera-se igualar esta operação de modo a evitar retrabalho. O custo para execução da atividade será em torno de R\$2.000,00, levando em consideração horas de trabalho da estagiária, revisão do gestor e custos com matérias de impressão. O procedimento operacional padrão será desenvolvido em um mês,

sendo 30 horas por semana e o seu valor corresponderá a 0,004% do faturamento médio anual da empresa.

A terceira ação fundamenta-se na aplicação de um treinamento técnico aos mecânicos que deverá ser executado pelo fabricante das bombas. Essa prática busca proporcionar um maior conhecimento para os mecânicos em relação a manutenções de bombas e aperfeiçoar suas habilidades já existentes. Desse modo, espera-se tornar possível a uniformização de conhecimento. O custo do treinamento será em torno de R\$15.000,00, levando em consideração a duração, locomoção, hospedagem e alimentação do fabricante. O treinamento irá perdurar por um dia, e o seu valor corresponderá a 0,03% do faturamento médio anual da empresa.

A quarta ação pretende adquirir bancadas novas para a oficina, tendo em vista que a empresa dispõe de bombas de diferentes tamanhos. Essa prática busca proporcionar um ambiente de trabalho mais ergonômico e seguro para realização das atividades. Desse modo, espera-se que os mecânicos consigam ter eficiência para as intervenções nos equipamentos. O custo para a aquisição de novas bancadas ficará em torno de R\$35.000,00, levando em consideração a compra e frete do material. O valor corresponderá a 0,07% do faturamento médio anual da empresa.

A quinta ação refere-se à construção de um pórtico com duas talhas elétricas. Essa prática busca facilitar a movimentação de carga dentro da oficina mecânica proporcionando maior agilidade para realização de manutenção. Desse modo espera-se, uma redução de tempo em movimentação de carga e maior segurança na operação. O custo para a aquisição das talhas, e pórtico ficará em torno de R\$50.000,00, levando em consideração os materiais para construção, equipe para realização de instalação e documentação para liberação do pórtico. O valor corresponderá a 0,1% do faturamento médio anual da empresa.

A sexta ação corresponde a expansão da oficina e alteração do layout visando conseguir comportar o grande número de equipamentos que são realizados manutenções em entressafra. Desse modo espera-se, obter um espaço mais amplo e com fluxo de ações definidas desde quando o equipamento sai do seu local de instalação passa por manutenção e volta ao seu local. O custo estimado para adequação da oficina ficará em torno de R\$80.000,00, levando em consideração compra de materiais e mão de obra interna para execução do serviço. O valor corresponderá a 0,16% do faturamento médio anual da empresa.

5 BENEFÍCIOS ESPERADOS DA IMPLANTAÇÃO

O custo médio de manutenção em uma empresa terceirizada é de R\$7.963,67, sendo R\$2.466,00 para materiais e R\$ 5.497,67 para mão de obra. Considerando que foram realizadas manutenções em 15 bombas, o valor total foi de R\$119.455,00. Em comparação, a manutenção própria teve um custo médio de R\$ 3.300,00, com R\$ 2.466,00 para materiais e R\$834,00 para mão de obra. Nota-se uma discrepância significativa nos custos, com a manutenção terceirizada sendo 75% mais cara.

Com a implementação do plano de ação, espera-se uma redução de 50% no tempo necessário para a execução da manutenção, dobrando assim a capacidade operacional. Dessa forma, será possível realizar todas as manutenções das bombas internamente, evitando a contratação de terceiros e custos não planejados. Considerando a média de tempo de 16 horas para realização de manutenção em uma bomba sendo o valor homem hora de R\$27,00, utilizando dois mecânicos para realizar o serviço totalizando em R\$834,00. Considerando a manutenção sugerida de 75 bombas, o custo de mão de obra ficaria em R\$62.550,00. Dessa forma, com a redução esperada de 50% em horas, ou seja, levaria 8 horas para realizar a manutenção em uma bomba, dito isso, o custo médio de mão de obra ficaria em R\$417,00, resultando em um custo total de mão de obra de R\$31.275,00. Além disso, teria o custo evitado de R\$119.455,00 pois não seria mais necessário obra de terceiros. Considerando que tivemos um custo de R\$319.255,00, com as implementações dos planos de ação espera-se reduzir para R\$216.225,00, obtendo uma redução total de 32% dos custos.

6 CONCLUSÃO

A falta de investimento em manutenção pode acarretar diversos impactos negativos, como o aumento dos custos operacionais e a perda de eficiência produtiva. O estudo de caso apresentado revela que a proposta de redução de custos em bombas centrífugas em uma empresa sucroalcooleira pode vir a resultar em melhorias significativas.

Por meio da aplicação das quatro ferramentas da qualidade utilizadas neste estudo, tornou-se evidente que o principal motivo do aumento de custos em manutenções de bombas centrífugas no período de entressafra, reside em uma falta de eficiência que gerou a contratação de empresa terceira. Uma vez definido o problema, foram identificadas suas causas raízes e proposto um plano de ação para resolvê-las. Levando em consideração que a empresa possui um faturamento médio anual de 50 milhões de reais, para realizar as seis ações descritas no

plano de ação a empresa faria uso de aproximadamente 0,4% desse recurso. É importante frisar que o investimento nessas ações torna-se fundamental para possuir uma redução na manutenção de bombas.

Por fim, com a aplicação do plano de ação para a manutenções em bombas centrífugas, em estudo estima-se uma redução de aproximadamente 32% dos custos de manutenção total de bombas podendo gerar uma economia de R\$216.225,00, para a empresa. A limitação desta pesquisa está na análise quantitativa da redução de custos para manutenção, devido à não aplicação do plano de ação, o que se torna uma proposta de pesquisa futura.

REFERÊNCIAS

- BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão da qualidade, produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- BARROS, E. D.; HOLANDA, L. M. C.; CHAVES, H. Q. **Aplicação do método DMAIC para a melhoria da gestão da qualidade dos materiais de laboratório: estudo em um centro universitário em Caruaru - PE**. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 5, n. 8, p. 03-24, 2017.
- BOA, A. L.; SOUZA, J. F. B.; TAROUQUELA, M. A. G.; MOTTA, M. P. O. **Análise das falhas de equipamentos e a proposição de um plano de manutenção: um estudo de caso em uma confecção**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2020, Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2020.
- CABRITA, G. **A manutenção na indústria automotiva**. *Revista Manutenção*, São Paulo, p. 20-26, mar./mai. 2002.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CARVALHO, M. V. N.; PAIXÃO, J. N. V.; SARTIN, K. R. **Aplicação de ferramentas da qualidade para melhoria no desempenho de uma confecção em Goiânia-GO**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: ENEGEP/ ABEPRO, 2022. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_385_1911_43738.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- FACCIO, M.; PERSONA, A.; SGARBOSSA, F.; ZANIN, G. Industrial maintenance policy development: a quantitative framework. *International Journal of Production Economics*, Munique, v. 147, parte A, p. 85-93, jan. 2014.
- FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso, 2013.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção: função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2019.
- KEENEY, R. L.; GREGORY, R. S. Selecting attributes to measure the achievement of objectives. *Operations Research*, v. 53, n. 1, p. 1-11, 2005.
- MACHADO, S. S. **Gestão da Qualidade**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- MAIA, W. E. L.; NETO, A. M. S. **Aplicação das ferramentas da qualidade no processo produtivo de um indústria de embalagem**. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção: SIMEP, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3QLTNs3>>. Acesso em: 18 out. 2024.

- MAICZUK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P. P. Aplicação de ferramentas de melhoria da qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. *Qualitas Revista Eletrônica*, Campina Grande, v. 14, n. 1, 2013.
- MARCORIN, W.; LIMA, C. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 11, n. 22, p. 35–42, 18 dez. 2003.
- OLIVEIRA, O. J. **Curso básico de gestão da qualidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- PACANA, A.; SIWIEC, D. Universal model to support the quality improvement of industrial products. *Materials*, v. 14, n. 24, p. 7872, 2021.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PRADANOV, C.; FREITAS, E. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SOURIS, J-P. **Manutenção industrial: custo ou benefício**. Trad. Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.
- TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. Á. A.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, G. H. S. **Qualidade: gestão e métodos**. Grupo Gen-LTC, 2012.
- XENOS, H. G. **Gerenciamento da manutenção produtiva**. 2. ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 1. ed. Rio de Janeiro: INDG, 1998.