

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**ELABORAÇÃO DO PROJETO DE MELHORIA NA
CONFIABILIDADE E VIDA ÚTIL DO EQUIPAMENTO DE
DESCARTE DOS TAMBORES DE FLUXO EM UMA
EMPRESA METALÚRGICA**

**Luis Gustavo Viana de Moura
Luis Fernando Diniz Loiola**

Pindamonhangaba - SP

2023

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**PROJETO DE MELHORIA NA CONFIABILIDADE DO
EQUIPAMENTO DE DESCARTE DOS TAMBORES DE
FLUXO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA**

**Luis Gustavo Viana de Moura
Luis Fernando Diniz Loiola**

Projeto de monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador: Dr. Jorge Luiz Rosa

**Pindamonhangaba - SP
2023**

R000e LOIOLA, Luis Fernando Diniz. MOURA, Luis Gustavo Viana.
Projeto de melhoria na confiabilidade do equipamento de descarte
dos tambores de fluxo em uma empresa metalúrgica/ Luis
Fernando Diniz Loiola. Luis Gustavo Viana de Moura. FATEC
Pindamonhangaba, 2023.
37, f.: il.; 30 cm.

Orientador Prof. Dr. Jorge Luiz da Rosa
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba. 2023.

1. Gestão da Manutenção. 2. Engenharia da Manutenção. 3.
Confiabilidade. 4. Políticas e Estratégias de Manutenção. 5.
Gerenciamento de Projetos. I. Rosa, Jorge Luiz.

CDU 620.193

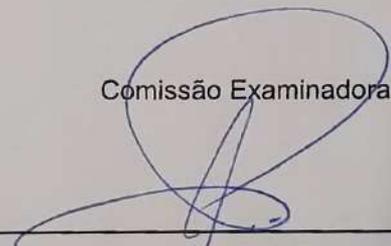
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

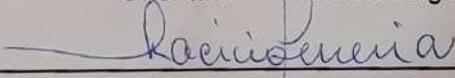
**“ELABORAÇÃO DO PROJETO DE MELHORIA NA
CONFIABILIDADE E VIDA ÚTIL DO
EQUIPAMENTO DE DESCARTE DOS TAMBORES
DE FLUXO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA”.**

**Luis Gustavo Viana de Moura
Luis Fernando Diniz Loiola**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba, para
graduação no Curso Superior de
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora


Orientador – Prof. Dr. Jorge Luiz Rosa


Membro – Prof. Me. Laércio Ferreira


Membro – Prof. Me. Fernando Luiz Monteiro

Pindamonhangaba, 21 de junho de 2023.

DEDICATÓRIA

Aluno 1

A minha família e amigos que me incentivaram a conquistar mais esse objetivo na minha vida, além do professor e amigo Dr. Jorge Luis da Rosa, que nos ajudou e orientou para a conclusão deste.

Aluno 2

A minha família e amigos que me incentivaram a conquistar mais esse objetivo na minha vida, além do professor e amigo Dr. Jorge Luis da Rosa, que nos ajudou e orientou para a conclusão deste.

AGRADECIMENTO

Aluno 1

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos nossos familiares, que proporcionaram toda condição necessária para a conclusão desta faculdade.

Ao professor Dr. Jorge Luiz da Rosa, pelo inestimável apoio na orientação deste trabalho.

Aos colegas de classe, com quem nesses anos de estudo tivemos a felicidade de conviver.

Aluno 2

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos nossos familiares, que proporcionaram toda condição necessária para a conclusão desta faculdade.

Ao professor Dr. Jorge Luiz da Rosa, pelo inestimável apoio na orientação deste trabalho.

Aos colegas de classe, com quem nesses anos de estudo tivemos a felicidade de conviver.

“Para uma tecnologia de sucesso, a realidade deve ter prioridade sobre as relações públicas, pois, a Natureza não pode ser enganada.”

Richard Feynman

LOIOLA, Luis Fernando Diniz. MOURA, Luis Gustavo Viana. **Projeto de melhoria na confiabilidade do equipamento de descarte dos tambores de fluxo em uma empresa metalúrgica**. 2023. 37 p. Trabalho de Graduação (Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2023.

RESUMO

A presente pesquisa buscou colaborar com a discussão sobre as melhores práticas que promovam a eficiência e eficácia do gerenciamento de projetos nas organizações, delimitando-se a discorrer sobre como os Escritórios de Projetos podem auxiliar para que os resultados prospectados na concepção do projeto sejam alcançados. Assim, o problema elencado para pesquisa foi o seguinte questionamento: Qual a influência das ações estratégicas da manutenção industrial na melhoria da confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial? O objetivo principal foi elaborar um projeto de melhoria da confiabilidade operacional dos equipamentos e máquinas de descarte dos tambores de fluxo na caçamba rebaixada, de modo que o descarte ocorra sem interferência humana para aumentar a segurança, eficiência e eficácia desta atividade do sistema produtivo em uma empresa metalúrgica do interior do estado de São Paulo. A metodologia empregada é o estudo de caso, realizado através de um projeto de melhoria para adequação de um dos processos de uma empresa metalúrgica, e a pesquisa bibliográfica foi realizada através da busca em livros, artigos e monografias, publicadas nos últimos 14 anos. Como resultado principal indica-se que as ações estratégicas da manutenção industrial refletem na promoção de melhorias contínuas no sistema de gestão da manutenção através de altos níveis de confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial. Por fim, constatou-se que a confiabilidade dos equipamentos e máquinas é o principal indicador para avaliar projetos de melhoria na manutenção industrial, pois, ela ajuda a atestar que o ativo consegue atender plenamente a demanda prospectada para o processo produtivo no qual ele faz parte com qualidade, no prazo certo e aos menores custos.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção Industrial. Gerenciamento de Projetos. Confiabilidade. Engenharia da Manutenção. Projetos de Melhoria.

LOIOLA, Luis Fernando Diniz. MOURA, Luis Gustavo Viana. ***Project to improve the reliability of the disposal equipment for flow drums in a metallurgical company.*** 2023. 37 p. Trabalho de Graduação (Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2023.

ABSTRACT

This research sought to collaborate with the discussion on the best practices that promote the efficiency and effectiveness of project management in organizations, limiting itself to discussing how Project Offices can help to achieve the results prospected in project design. Thus, the problem listed for research was the following question: What is the influence of strategic actions of industrial maintenance in improving the reliability of equipment, machines, and installations in the industrial sector? The main objective was to develop a project to improve the operational reliability of the equipment and machines for discarding the flow drums in the lowered bucket, so that the disposal occurs without human interference to increase the safety, efficiency, and effectiveness of this activity of the production system in a metallurgical company in the interior of the state of São Paulo. The methodology used is the case study, carried out through an improvement project to adapt one of the processes of a metallurgical company, and the bibliographical research was carried out through the search in books, articles, and monographs, published in the last 14 years. As a main result, it is indicated that the strategic actions of industrial maintenance reflect the promotion of continuous improvements in the maintenance management system through high levels of reliability of equipment, machines, and installations in the industrial sector. Finally, it was found that the reliability of equipment and machines is the main indicator for evaluating improvement projects in industrial maintenance, as it helps to attest that the asset can fully meet the prospected demand for the production process in which it is a part. quality, on time and at the lowest cost.

Keywords: *Industrial Maintenance Management. Project management. Reliability. Maintenance Engineering. Improvement Projects.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura metodológica da pesquisa	25
Figura 2 – Descarte de caixa de fluxo antes da melhoria	28
Figura 3 – Projeto da nova caixa de fluxo com descarte sem interferência humana	29
Figura 4 – Protótipo da caixa de fluxo após a melhoria	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste no protótipo da caixa de fluxo após a melhoria	31
Tabela 2 – Confiabilidade do equipamento antes e após o projeto de melhoria	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	14
2.2 AS PRINCIPAIS AÇÕES ESTRATÉGICAS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA MELHORIA DA CONFIABILIDADE.....	17
2.3 SEGURANÇA NOS EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS.....	20
2.4 GERENCIAMENTO DE PROJETOS DA MANUTENÇÃO	22
3 METODOLOGIA	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 RESULTADOS	28
4.2 DISCUSSÃO	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da competitividade no setor industrial as organizações necessitam que os ativos do sistema produtivo tenham a confiabilidade necessária para responder de forma rápida, segura e efetiva a demanda aos menores custos possíveis. Desta maneira, observa-se que este patamar só pode ser alcançado através de ações estratégicas da manutenção industrial para propor melhorias que elevem os níveis de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade destes ativos.

Desta maneira se buscará fomentar a discussão sobre a importância das ações estratégicas da gestão da manutenção industrial para garantir a melhoria na confiabilidade e segurança dos equipamentos e instalações no setor industrial. Para tanto, delimita-se em elaborar um projeto de melhoria e adequação nos equipamentos de descarte dos tambores de fluxo na caçamba devido não só ao aumento da produtividade, como também, a redução do risco a integridade física dos operadores.

Neste cenário, a gestão da manutenção tem como principal função estabelecer estratégias e controlar as ações técnicas necessárias para que os indicadores de desempenho e segurança dos equipamentos e máquinas possam estar em níveis competitivos. Posto isto, busca-se colaborar para evidenciar quais são as atribuições da manutenção industrial na elaboração de projetos de melhoria que garantam a otimização da eficiência e segurança operacional dos ativos do sistema produtivo.

Assim, no contexto da efetividade das ações estratégicas da gestão da manutenção industrial, os principais benefícios que se buscam evidenciar com a melhoria da confiabilidade dos equipamentos proposta envolvem a garantia de operação segura para os colaboradores, a redução dos impactos ambientais com a operação, diminuição dos custos com operações corretivas não planejadas, elevação do tempo de vida útil dos equipamentos e uma menor depreciação das instalações.

Com esses pressupostos, relata-se que além da fundamentação teórica-conceitual que direcionará o projeto de melhoria da confiabilidade na futura pesquisa, se realizará uma pesquisa-ação para o desenvolvimento de um novo método seguro e efetivo para resolver os problemas com o descarte da caixa de fluxo em uma empresa metalúrgica. Desta forma, acredita-se que a formulação de estratégias para manutenção deve buscar promover o conceito antagônico de uma maior confiabilidade dos equipamentos do sistema produtivo aos menores custos possíveis.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Um dos principais problemas dos sistemas produtivos são as falhas e a falta de confiabilidade dos equipamentos e máquinas que podem gerar não só custos produtivos extras, como também, colocar os operadores em perigo. Portanto, a partir dessas colocações, escolheu-se o seguinte problema da pesquisa: Qual a influência das ações estratégicas da manutenção industrial na melhoria da confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Elaborar um projeto de melhoria da confiabilidade operacional dos equipamentos e máquinas de descarte dos tambores de fluxo aumentando confiabilidade, vida útil e segurança sistema produtivo em uma empresa metalúrgica do interior do estado de São Paulo.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) conceituar a gestão da manutenção industrial;
- b) investigar as principais ações estratégicas para aumento da confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial;
- c) discorrer sobre a importância da segurança em equipamentos e máquinas;
- d) caracterizar as ações para o gerenciamento de projetos de melhoria no setor de manutenção industrial;

1.3 JUSTIFICATIVA

Para a manutenção da competitividade no setor industrial é fundamental a confiabilidade operacional do sistema produtivo para que se possa garantir que a demanda prospectada possa ser atendida no tempo certo, com a qualidade esperada ao menor custo possível. Para tanto, é necessário a utilização eficiente e eficaz dos fatores produtivos, principalmente os equipamento e máquinas, cuja disponibilidade e segurança operacional é uma das principais preocupações para se garantir a produtividade e efetividade do sistema produtivo.

Portanto, observa-se que a relevância do tema vem da importância da excelência operacional dos sistemas produtivos para manutenção da competitividade no setor industrial. Desta maneira, considera-se que a gestão da manutenção deve assumir uma função estratégica para administrar eficientemente as variáveis envolvidas para garantir a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, planejando desde pequenos reparos até grandes projetos de melhoria.

Por fim, justifica-se a discussão sobre a importância das ações estratégicas da manutenção industrial para otimizar a confiabilidade como forma de evidenciar medidas que possam aumentar a efetividade dos equipamentos, máquinas e instalações, contribuindo para que as organizações do setor industrial brasileira alcancem a excelência operacional necessária para garantir seu sucesso e a competitividade para se manter no mercado globalizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Neste capítulo se buscará contextualizar a Gestão da Manutenção através da exposição de sua evolução e suas principais particularidades que faz dela um dos principais departamentos de apoio a produção industrial. Desta forma, a discussão acerca do tema nesta seção procurará colaborar para relacionar os paradigmas da Gestão da Manutenção as melhorias na confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade dos equipamentos para evidenciar sua importância.

A Gestão da Manutenção Industrial é o planejamento, direção, coordenação e organização de um “conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas” (ALMEIDA, 2016, p. 16). Conforme Nepomuceno (2018, p. 31), a manutenção tem as seguintes responsabilidades:

- a) planejar, com a produção, um programa coerente de manutenção e reparos;
- b) conservar toda a instalação em condições tão perfeitas quanto possível, visando a minimização de custos;
- c) executar e controlar reparos e consertos, tanto eventuais quanto emergenciais, no menor prazo possível;
- d) obedecer aos intervalos de conservação rotineira para limpezas, ajustes, lubrificação, buscando que as interrupções na produção sejam mínimas;
- e) manter reuniões constantes com a produção para troca de informações e diagnósticos de problemas;
- f) verificar o motivo para que algumas máquinas e alguns equipamentos apresentem elevado índice de interrupções, buscando eliminar as causas;
- g) executar treinamentos para os funcionários da produção sobre procedimentos emergenciais recomendados em caso de necessidade.

Para chegar a tal patamar, segundo Pulz (2020), a evolução da Manutenção Industrial acompanha a da produção, sendo que quanto mais complexo e tecnológico o sistema produtivo, maior é a importância da manutenção dos ativos (instalações; equipamentos; e máquinas) responsáveis pelos processos e operações. Assim sendo, a manutenção ganhou mais relevância no meio industrial pela percepção da relação entre custo e confiabilidade dos equipamentos e da escolha certa do tipo de manutenção que deve ser aplicada.

Segundo Kardec e Nascif (2012, p. 13), a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações:

- a) Primeira geração: abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando os equipamentos eram simples. A produtividade não era prioridade, então, eram realizados apenas serviços de limpeza e lubrificação, além de reparos após a quebra, caracterizando uma manutenção corretiva não programada;
- b) Segunda geração: entre os anos 1950 e 1970, houve aumento da mecanização e necessidade de maior disponibilidade, confiabilidade e produtividade. Os custos de manutenção começaram a se elevar e surgiu o conceito de manutenção preventiva;
- c) Terceira geração: inicia a partir da década de 1970, quando o sistema *just in time* fazia com que pequenas pausas para manutenção paralisassem a fábrica. A necessidade de monitoramento de condições deu origem à manutenção preditiva, facilitada pelo uso de tecnologias;
- d) Quarta geração: caracterizada por minimização de manutenções corretivas e preventivas, análise de falhas, preocupação com segurança e meio ambiente, gerenciamento de ativos;
- e) Quinta geração: ocorre a partir de 2005, em que o foco é a gestão de ativos, que devem produzir em sua capacidade máxima para obter o melhor retorno. A manutenção preditiva ganha ainda mais atenção com o monitoramento das condições de forma *on* e *off-line*.

Deste modo, reforça Gregório e Silveira (2018), que a organização e o planejamento da manutenção realizado por meio da reflexão e da decisão sobre o que fazer, quando fazer, quem deve fazer, como fazer, onde fazer, etc., substituíram as práticas de trabalho empíricas em muitas indústrias. Controlar as ações de manutenção também ganhou destaque, pois, contribuiu para avaliar a efetividade das ações planejadas e realizadas ao apresentar os pontos críticos, nos quais mudanças mostram-se necessárias, e os pontos não críticos, mas passíveis de melhoria contínua.

Segundo Freitas *et al.* (2020), o gerenciamento e controle da manutenção tem uma importante função ao longo da cadeia de valor das empresas, sendo a principal manter a confiabilidade esperada para permitir o uso dos ativos físicos em todo o seu ciclo de vida, no menor custo operacional. Com as tecnologias da Indústria 4.0 implantadas, é adicionado o elemento tempo futuro na manutenção, passando a responder o que irá acontecer, aplicando uma camada de Internet das Coisas na gestão dos ativos e usando Inteligência Artificial como apoio gerencial e técnico da manutenção na tomada de decisões futuras.

Portanto, segundo Gregório, Prata e Santos (2018), as ações da manutenção visam responsabilidades da manutenção podem ser divididas em quatro grupos de diferentes atribuições relacionadas ao planejamento; à organização; à execução; e ao

controle da manutenção de ativos. Para tanto, uma das principais ações direcionadas ao gerenciamento a manutenção e a criação do plano de manutenção, onde todas essas atribuições devem convergir com os objetivos da produção na busca do estado ótimo dos ativos responsáveis pela manufatura.

Ressalta Almeida (2016), que gerir a manutenção é importante para definir os serviços adequados a serem realizados por pessoas capacitadas, em momentos apropriados, a um custo aceitável e, assim, gerar resultados satisfatórios para a organização. O plano de Manutenção deve contemplar todos os ativos da indústria, como as máquinas responsáveis pela operação, os equipamentos de medição utilizados para monitorar parâmetros e apresentar a condição de determinado ativo e outros componentes da instalação.

Para Seleme (2015), a manutenção, quando realizada de forma planejada, apresenta benefícios que justificam a sua realização, como, por exemplo: segurança, por menos riscos de falhas e acidentes de trabalho; qualidade, pelo desempenho dentro ou acima do padrão; por confiabilidade, para menos interrupções nas atividades de produção; e pela vida útil, para cuidado regular, limpeza e lubrificação prolongam a vida útil dos equipamentos.

Conforme Gregório e Silveira (2018), alguns fatores devem ser levados em consideração para a definição da melhor estratégia de manutenção industrial: recomendação do fabricante, para informações sobre conservação, periodicidade de manutenção, ajustes e calibrações, procedimentos para correção de falhas, entre outros; segurança do trabalho e meio ambiente, pois, é necessário obedecer às exigências legais a fim de obter a integração perfeita entre homem/ máquina/meio ambiente; características do equipamento (falha e reparo), para observar o tempo médio entre falhas, a vida mínima, o tempo médio de reparo, etc.; e o fator econômico, para equilibrar custos de manutenção, com a adequação dos recursos humanos, do material, da interferência na produção e das perdas no processo.

Ressalta Gregório, Prata e Santos (2018), que houve a necessidade da criação de algumas normas para estabelecer procedimentos de manutenção. Dentre as normas brasileiras (ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas), podemos citar a NBR 5462/1994, para confiabilidade e manutenibilidade, a NBR 5674/2012, para manutenção predial, e a NBR ISO 55000/2014, para gestão de ativos. Temos, também, algumas Normas Regulamentadoras, como a NR10, que trata da segurança

em instalações e serviços em eletricidade, e a NR12, que trata da segurança do trabalho em máquinas e equipamentos, incluindo a manutenção.

Por fim, percebe-se que a Gestão da Manutenção Industrial tem grande representatividade pela sua importante atribuição de manter o funcionamento correto da transformação de entradas em saídas satisfatórias, ou seja, com a qualidade esperada, no tempo certo e aos menores custos. Com isso, observou-se também que sua função deve ir além de corrigir defeitos e falhas, ela deve agir estrategicamente para que o desempenho do sistema como todo possa melhorar continuamente até seu estado de máxima competitividade.

2.2 AS PRINCIPAIS AÇÕES ESTRATÉGICAS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA MELHORIA DA CONFIABILIDADE

Nesta seção da fundamentação teórica serão analisadas as principais estratégias utilizadas para manter o desempenho na manutenção, detalhando sua importância para a tomada de decisão gerencial. Este assunto é pertinente para esta pesquisa, pois, é através da estratégia estabelecida que serão direcionadas as ações do PCM, sendo fundamental para estabelecer os níveis de confiabilidade do sistema.

“A confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas” (DUARTE; FOGLIATO, 2009, p. 10).

De acordo com Almeida (2016), a manutenção realiza atividades técnicas para restabelecer e manter a performance e confiabilidade dos ativos físicos do sistema produtivo, que podem ser realizadas segundo as estratégias estabelecidas. São exemplos destas atividades: técnicas de montagem e desmontagem; fixação de componentes; lubrificação; conservação e reparação de conjuntos mecânicos, elétricos e eletrônicos, que compõe a grande maioria das ações.

Segundo Nepomuceno (2018), a confiabilidade é um dos principais índices buscados pela manutenção industrial, sendo representada pela probabilidade de o ativo físico corresponder plenamente as expectativas operacionais e produtivas por um período sem falhas. Na análise da confiabilidade na gestão da performance de equipamentos as falhas são classificadas em identificáveis, quando atribuível a uma causa bem definida, e não identificáveis, quando decorrente de um esforço operacional ou tensão estrutural.

Baseado na NBR 5462, “a confiabilidade apresenta-se como a probabilidade do funcionamento proposto de um equipamento, sob determinadas condições, durante um certo período” (KARDEC; NASCIF, 2012, p. 59). Portanto, reforça Kardec e Nascif (2012), que a confiabilidade atua de forma estratégica na redução de falhas de equipamentos, analisando periodicamente o funcionamento dos mesmos e seu desempenho em função de um intervalo de tempo. Por ser uma probabilidade, a confiabilidade pode ser calculada como uma medida numérica, tal qual a seguinte expressão ($R(t) = e^{-\lambda*t}$), onde: $R(t)$: é a confiabilidade em um determinado tempo t ; e : é a base de logaritmos neperianos ($e = 2,718$); λ : é a taxa de falhas dos equipamentos em λ ; e t : é o tempo previsto da operação.

Reforça Duarte e Fogliato (2009) que as intervenções técnicas da manutenção são realizadas com o objetivo de prevenir falhas ou de restaurar o sistema a seu estado operante, no caso de ocorrência de uma falha. O objetivo principal da manutenção é, portanto, manter e melhorar a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo. Muitas indústrias (em particular as de manufatura e aquelas em que riscos humanos estão potencialmente envolvidos com falhas na manutenção, como é o caso da indústria metalúrgica) têm percebido a importante conexão existente entre manutenção e confiabilidade e adotado programas que têm por objetivo reduzir custos e otimizar a manutenção em todos os tipos de indústrias, promovendo melhorias na disponibilidade e segurança de equipamentos.

Desta maneira, segundo Lucato, Olívio e Soeiro (2017), diversas são as maneiras de aplicar recursos para obter os resultados pretendidos no setor de manutenção, entretanto uma estratégia de manutenção deverá contemplar: visão do negócio, que consiste em unir a manutenção aos interesses do cliente; visão de curto, médio e longo prazo em conjunto com os objetivos da companhia; melhoria contínua sempre aplicada em todas as fases da manutenção; geração de valor por meio da construção de know-how específico.

Ressalta Kardec e Nascif (2012), que um programa integrado de confiabilidade compreende o estabelecimento de práticas e procedimentos para gerir a confiabilidade nas seguintes fases da vida de um produto: (i) projeto e desenvolvimento, (ii) manufatura e instalação, (iii) operação e manutenção e (iv) descarte, quando encerra a vida operacional do produto. A gestão da confiabilidade demanda a existência de um programa de confiabilidade e da definição das tarefas e elementos desse programa.

Para tanto, conforme relata Gregório e Silveira (2018), a manutenção pode ser planejada, quando a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado pela atuação em função do acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até quebrar; ou não planejada, quando a correção da falha de maneira aleatória. Portanto, o plano de manutenção deve escolher estrategicamente melhorias e os tipos de manutenção para evitar que ações corretivas de forma não planejada ocorram.

De acordo com Gregório, Prata e Santos (2018), as tomadas de decisão quanto aos tipos de manutenção devem ser direcionadas para a queda da manutenção corretiva não planejada; aumento no nível de corretiva planejada pelo incremento da manutenção sob condição; maior desenvolvimento da manutenção preditiva, que deverá ser a prática cada vez mais adotada; aumento da manutenção preventiva.

Quanto aos tipos de manutenção, relata Lucato, Olívio e Soeiro (2017), eles ajudam a efetivar as estratégias estabelecidas para a Gestão da Manutenção, sendo classificadas pelas diferenças em suas abordagens operacionais, são elas:

- a) corretiva: é aquela efetuada após a ocorrência de uma pane e é destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida;
- b) preventiva: efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item;
- c) preditiva: é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva;
- d) detectiva: pode ser definida como a atuação efetuada em sistemas de proteção, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Segundo Duarte e Fogliato (2009), ao assumir a confiabilidade como um dos objetivos da manutenção deve-se implementar programas para modificar a estrutura dos processos organizacionais com a redefinição das responsabilidades, dos recursos empregados e dos procedimentos realizados para direcionar a gestão da manutenção as premissas da confiabilidade. Assim, o programa de confiabilidade busca conectar todos os envolvidos nos processos e operações nas tarefas que podem garantir que os ativos possam desempenhar sua função efetivamente.

Por fim, observa-se que é baseado nesses tipos de intervenção relatados durante esta subseção que devem ser realizados o planejamento e o gerenciamento da manutenção, escolhendo quais serão utilizados para que cada equipamentos e máquinas do sistema produtivo possam ter a confiabilidade esperada. Assim, dependendo do tipo de manufatura um ou outro é aplicado para manter o padrão esperado para que se possa produzir eficientemente aos menores custos.

2.3 SEGURANÇA NOS EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS

A segurança do trabalho em máquinas e equipamentos, que tem seus conceitos dispostos na NR-12, finalizará os assuntos abordados que darão sustentação para embasar as considerações finais sobre o problema e objetivos da pesquisa. Desta maneira, se discorrerá sobre conceitos relevantes a NR-12 e as formas que a manutenção pode colaborar para que se ocorra um trabalho seguro na operação de máquinas e equipamentos no setor industrial.

Segundo Camisassa (2019), NR-12 estabelece as medidas prevencionistas de segurança e higiene do trabalho a serem adotadas pelas empresas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos, visando à prevenção de acidentes do trabalho.

[...] a norma traz disposições a respeito de arranjo físico e instalações, instalações e dispositivos elétricos, dispositivos de partida, acionamento e parada, sistemas de segurança, dispositivos de parada de emergência, meios de acesso permanente, componentes pressurizados, transportadores de materiais, aspectos ergonômicos, riscos adicionais, manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza, procedimentos de trabalho e segurança e capacitação. Em seus anexos, são apresentadas informações relativas a distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença optoeletrônicos (Anexo I), conteúdo programático da capacitação (Anexo II), meios de acesso permanentes (Anexo III) e glossário (Anexo IV) (CORREA, 2019, p. 44).

Conforme ressalta Reis (2017), o gerenciamento de riscos de operações em máquinas e equipamentos é extremamente importante pela grande representativa nos indicadores de acidentes ocorridos no setor industrial. Em uma pesquisa, de um conjunto composto por 336 registros de acidentes fatais, 161 deles ocorreram durante a função do trabalho com máquinas ou lesões que tiveram origem no manuseio equipamentos

De acordo com Mattos e Másculo (2019), para melhor escolher quais medidas

de segurança serão adotadas em cada máquina e equipamento, deve-se primeiro avaliar os riscos que ela oferece ao trabalhador. Uma máquina é capaz de provocar diversos danos ao homem, tais como:

- a) perigo mecânico: fatores de risco que podem causar algum tipo de ferimento ao trabalhador devido a uma atividade mecânica, normalmente envolvendo máquinas, ferramentas, peças ou projeções de materiais. As formas mais elementares do risco mecânico são: perigo de esmagamento, corte por cisalhamento, decepamento, choque, perfuração, entre outros;
- b) perigo elétrico: choques elétricos podem causar lesões, como queimaduras, e até a morte. Podem ser causados por contato direto ou aproximação a partes frequentemente energizadas, normalmente com alta tensão; por contato com partes energizadas acidentalmente devido a um defeito de isolamento; etc.;
- c) perigo térmico: pode causar queimaduras devido ao contato com materiais em alta temperatura, chamas ou explosões;
- d) perigos provocados pelo ruído: o ruído pode causar degeneração permanente na audição, zumbidos nos ouvidos, fadiga, efeitos como perturbação no equilíbrio, diminuição na capacidade de concentração, entre outras consequências;
- e) perigos provocados pelas vibrações: as vibrações podem passar para todo o corpo, principalmente mãos e braços. As mais intensas, ou com menor intensidade, mas com longo período de exposição, podem provocar perturbações vasculares, neurológicas e outras;
- f) perigos provocados pelas radiações: podem ser provocados por radiações ionizantes ou não ionizantes, como baixas frequências, radiofrequências e micro-ondas, infravermelhos, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama; entre outros;
- g) perigos provocados por materiais e substâncias – materiais e substâncias trabalhados pelas máquinas podem provocar diversos perigos, como perigos resultantes do contato ou inalação de fluidos, gases, névoas e outros que têm efeito nocivo ao homem; perigo de incêndio e explosão; perigos biológicos e microbiológicos.
- h) perigos provocados pelo desrespeito aos princípios ergonômicos: podem causar efeitos fisiológicos (posturas defeituosas, esforços excessivos

ou repetitivos etc.), efeitos psicofisiológicos (sobre ou subcarga psíquica, estresse etc.); erros humanos.

Desta maneira, reforça Reis (2017), que as medidas de segurança que envolvem a operação de máquinas podem ser consideradas em dois momentos distintos, no primeiro, durante a concepção da máquina ou equipamento, sua fabricação e comercialização, e, por fim, na utilização da máquina ou equipamento no ambiente de trabalho.

Reforça Freitas *et al.* (2020), que o impacto da segurança do trabalho com relação à manutenção de ativos é muito grande. Muitas medidas são tomadas para proteção do efetivo operacional, porém, o mantenedor necessita em grande parte, ter acesso às partes internas dos equipamentos, à NR10, NR12 e às normas que atendam os robôs colaborativos contribuem para minimizar os riscos de acidentes. Mesmo seguindo orientações, procedimentos e respeitando as Normas Regulamentadoras, é fundamental que os setores estejam alinhados com relação à segurança e estejam determinados a trabalharem juntos para tornar o ambiente seguro.

Posto isto, observa-se que a NR-12 trata de medidas para que as operações em máquinas e equipamentos possam ser realizadas de forma segura e sem riscos para integridade e saúde dos trabalhadores, entre elas, adaptações e adequações realizadas pela manutenção para melhoria da segurança e/ou confiabilidade dos equipamentos e máquinas do sistema produtivo.

2.4 GERENCIAMENTO DE PROJETOS DA MANUTENÇÃO

Este último capítulo trata-se da discussão entre os autores para reforçar as particularidades da gestão de projetos de manutenção (GPM), contextualizando sua prática e importância para a competitividade no setor industrial. Desta maneira, se buscou trazer os principais paradigmas, conceitos e mecanismos regentes das ações de gerenciamento de projetos para se ter uma base teórica conceitual para ao final se debater a efetividade de projetos de melhoria da confiabilidade de equipamentos.

“Os projetos precisam estar de acordo com o plano estratégico da organização. Eles são, geralmente, um meio de organizar atividades que não podem ser empreendidas dentro do cronograma normal de operações da organização” (KARNABAR; WARBUTON, 2021, p. 17).

Segundo Lucato, Olívio e Soeiro (2017), a GPM colabora tanto para projetos de melhoria, como no planejamento da parada programada, ou seja, deve ser considerado um evento único e isolado para um resultado único, que no caso, é a melhoria da confiabilidade ou restauração do padrão ótimo de funcionamento dos equipamentos e máquinas. Portanto, para o seu planejamento deve utilizar as melhores práticas e ferramentas gerenciais para projetos contidas no *Project Management Institute* (PMI, Instituto de Gerenciamento de Projetos)

De acordo com Paes e Vilga (2016), a definição genérica de projeto comumente realizado por organizações diz respeito a uma atividade única com objetivo e metas bem definidas, recursos limitados e prazos para iniciar e finalizar. Portanto, nas organizações é considerado projeto todo o planejamento e controle de atividades que resultam em um produto ou serviço único, portanto, não tem relação direta a realização da sua atividade fim.

Neste contexto evolutivo, segundo Grey e Larson (2016), a GPM deve planejar, dirigir, organizar e controlar todas as fases dos projetos através de boas práticas e ferramentas gerenciais que facilitam atingir os resultados esperados. Um dos principais indicadores da demanda por gerenciamento eficaz de projetos é o *Project Management Institute* (PMI), uma organização profissional de gerentes de projeto, que criou um guia prático com particularidades para execução eficiente de projetos.

O PMI define o Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK) como um termo que descreve o conhecimento no âmbito da profissão de gerenciamento de projetos. O conhecimento em gerenciamento de projetos inclui práticas tradicionais comprovadas amplamente aplicadas, bem como práticas inovadoras que estão surgindo na profissão. Este Guia PMBOK® identifica um subconjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos geralmente reconhecidos como boas práticas (PMI, 2017, p. 1).

Reforça Kerzner (2015) que a evolução e aceitação da gestão de projetos mudaram significativamente nos últimos 40 anos e essas mudanças devem continuar no século XXI. O autor aponta que é interessante traçar a evolução e o crescimento do gerenciamento de projetos desde os primórdios da administração sistêmica até o que alguns chamam de “gerenciamento moderno de projetos”. Este novo modelo é guiado por uma rede de processos para facilitar o alcance dos resultados esperados.

Já o gerenciamento tradicional de projetos, de acordo com Wyocki (2020), é a abordagem na qual o produto ou serviço é realizado através de passos sequenciados verticalmente e o produto e/ou serviço só poderão ser visualizados ao final do projeto.

Ou seja, esse processo não é passível de entregas por fases para garantir o controle e melhoria contínua dos processos para que o projeto seja bem-sucedido em cumprir os principais objetivos dos projetos.

Desta maneira, segundo Freitas (2019), o GPM como em qualquer outro projeto, deve ter um controle cíclico visando a melhoria contínua, sendo prioritariamente aplicadas apenas as ferramentas e técnicas que vão gerar algum valor, principalmente, quanto a redução de tempo e custos. Com isso, são estabelecidas as políticas e restrições do projeto, do ponto de vista corporativo, esses termos podem ser associados aos conjuntos de programas, ações e atividades sobre a parada da programação que foram aprovados por uma parte interessada de alto poder e influência. Esses termos devem ser seguidos por todos os envolvidos.

De acordo com PMI (2017), estes modelos devem ter o reconhecimento geral e boas práticas para o gerenciamento de projetos. O reconhecimento significa que o conhecimento e as práticas descritas são aplicáveis a maioria dos projetos na maior parte das vezes, e que existe um consenso em relação ao seu valor e utilidade. Enquanto as boas práticas são relativas à aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas para aumentar a entrega o valor e os resultados esperados.

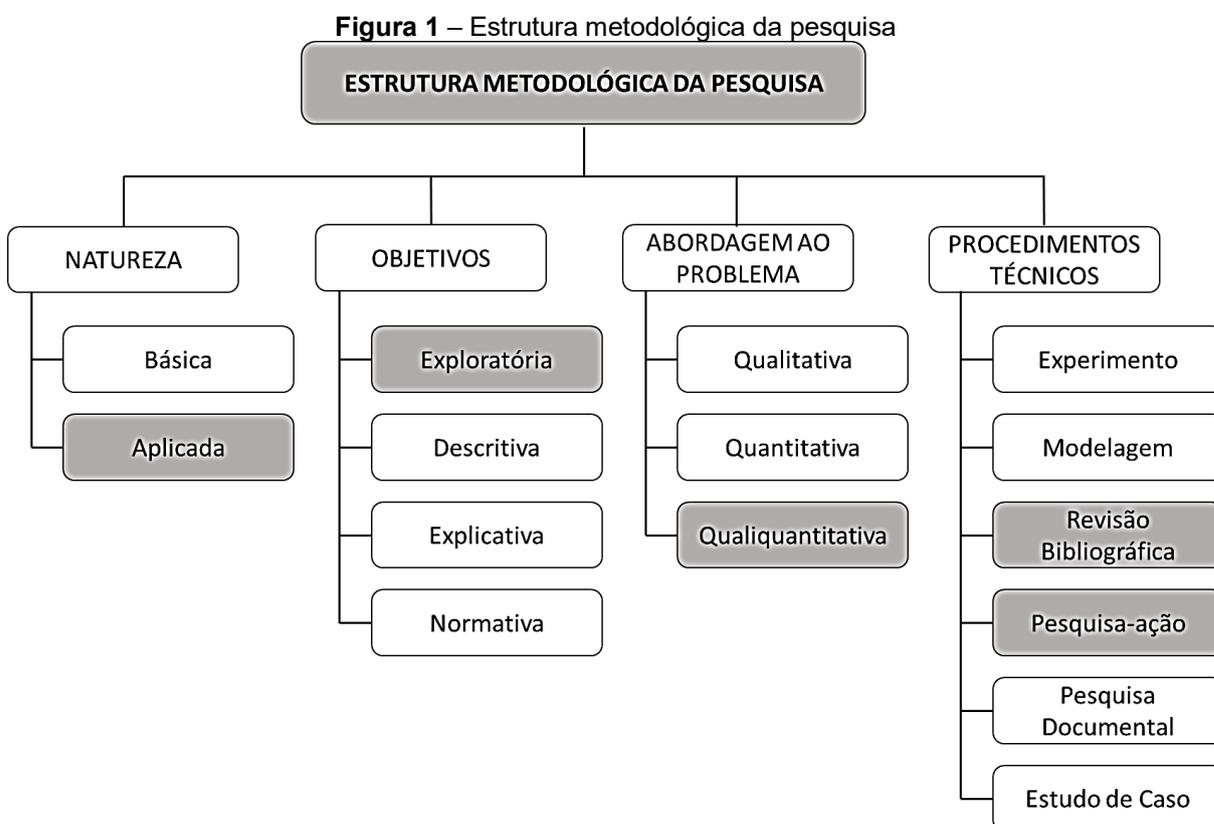
De acordo com o PMI (2017), o gerenciamento de projetos nas organizações é utilizado como estratégia de execução que colabora para a gestão eficaz de portfólios, programas e projetos para otimização de produtos, processos e operações. Fornece uma estrutura que habilita as organizações a realizar a estratégia organizacional de forma consistente e previsível, produzindo melhor desempenho, melhores resultados e uma vantagem competitiva sustentável.

Conforme relata Karnabar e Warbuton (2021), em organizações de grande porte geralmente os projetos reúnem equipes independentes de toda a organização, cada qual com seus conhecimentos e habilidades que precisam ser gerenciadas para a efetividade dos resultados do projeto. Os projetos de manutenção são quase sempre referentes a melhorias e/ou paradas programadas para aumentar a performance e confiabilidade dos ativos.

Por fim, estabelece-se que a GPM deve estabelecer bases para controlar todos os aspectos necessários para realizar projetos com eficiência e eficácia. Desta maneira, torna-se necessário o conhecimento tanto dos paradigmas e métodos de direcionamento progressivo dos projetos, como também as técnicas e ferramentas de apoio a sua gestão para que se chegue a resultados mais satisfatórios.

3 METODOLOGIA

A pesquisa trata-se de uma pesquisa-ação, de natureza aplicada, objetivo exploratório e abordagem ao problema qualiquantitativa, para o desenvolvimento e execução de um projeto de melhoria no âmbito da manutenção industrial em uma metalúrgica no interior do estado de São Paulo. Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica para dar o suporte teórico-conceitual necessário para direcionar através das melhores práticas e evidências científicas a solução do problema proposto. A Figura 1 traz a estrutura metodológica que será seguida na futura pesquisa.



Fonte – Baseado em Lakatos e Marconi (2022)

A revisão bibliográfica, segundo Azevedo (2018), diz respeito a investigação do máximo de evidências científicas já publicadas como forma de fundamentar a pesquisa. Assim, a futura pesquisa bibliográfica foi realizada através de livros, artigos e monografias encontradas na biblioteca da universidade (virtual e presencial) e em repositórios de instituição de ensino superior encontrados no Google Acadêmico, através dos seguintes descritores: Gestão da Manutenção Industrial; Gerenciamento

de Projetos; Confiabilidade; Engenharia da Manutenção. As obras consultadas foram publicadas nos últimos 7 anos.

Desta maneira, a pesquisa será aplicada, pois, “os conhecimentos adquiridos são utilizados para aplicação prática e voltados para a solução de problemas concretos da vida moderna” (MATIAS-PEREIRA, 2019, p. 20). Ou seja, baseado na aplicação da teoria estudada não só durante a pesquisa bibliográfica realizada para a futura pesquisa, mas também, durante o curso de tecnologia em manutenção industrial e na atuação profissional no setor industrial se desenvolverá e executará um projeto para a melhoria da confiabilidade nos equipamentos da atividade de descarte da caixa de fluxo da linha de produção de uma empresa metalúrgica.

Portanto, ela será exploratória, pois, de acordo com Lakatos e Marconi (2022), estas pesquisas possibilitam maior familiaridade com o problema e a construção de hipóteses através da contato e exploração das variáveis pertinentes para solução do problema proposto na pesquisa. Assim sendo, na pesquisa foi explorar as particularidades da gestão da manutenção industrial na realização de projetos de melhoria com forma de aumentar não só a confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalação, como também, sua disponibilidade e manutenibilidade.

Quanto a abordagem do problema ela será quali-quantitativa, já que além de desenvolver e descrever qualitativamente os passos para o planejamento do projeto de melhoria na manutenção do equipamento visando seu aumento de performance e maior segurança dos operadores, se comprovou quantitativamente que a melhoria conseguiu alcançar o patamar de confiabilidade prospectado durante o projeto.

A pesquisa ação, conforme relata Matias-Pereira (2019), é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no universo da pesquisa. Deste modo, os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Portanto, a pesquisa-ação que se relatou na pesquisa será o desenvolvimento e execução do projeto de melhoria da confiabilidade no processo de descarte da caixa de fluxo, que através de ferramentas de planejamento e *brainstorming* com os envolvidos no projeto, surgiu a ideia de criar um carro transportador de caixa de fluxo, com fundo móvel, de modo que o descarte ocorra sem a interferência do colaborador, com o devido distanciamento e sem nenhuma posição de risco.

Além disso, pretende-se promover a correlação das ações estratégicas da manutenção industrial como forma de colaborar para a melhoria de outros fatores ligados a produção, principal cliente da manutenção no setor industrial, como a segurança, planejamento e controle da produção, qualidade e meio ambiente. Isto, porque cada vez mais constata-se a necessidade de criar ações e instalar dispositivos que atuem de forma preventiva, evitando que uma situação de insegurança ou que seja prejudicial ao meio ambiente aconteça.

Portanto, como a segurança do trabalho, qualidade e meio ambiente é muito disseminada atualmente em gestão de empresas em todo o mundo, busca-se dar destaque de como a manutenção industrial deve atuar para colaborar com a preocupação com a funcionalidade e segurança operacional dos equipamentos. Assim, a atividade de descarte em caçamba rebaixada foi escolhida porque sua operação traz riscos ao colaborador e é difícil de ser realizada.

Desta maneira, através da aplicação de ferramentas e técnicas de gerenciamento de projeto pretendeu-se desenvolver e executar o projeto para a confecção da caixa de fluxo com fundo móvel para melhoria da confiabilidade dos equipamentos que realizam a atividade de descarte da caixa de fluxo para que seja feita sem a interferência humana. Para tanto, foi necessário atender aos parâmetros de segurança e viabilidade para que o projeto seja aprovado pela empresa através de testes e a exposição quantitativa da melhoria da confiabilidade obtida.

Para tanto, foram realizados testes para atestar a qualidade e efetividade do carro transportador de caixa de fluxo com fundo removível no descarte dos resíduos de maneira autônoma. Posterior aos testes de aprovação da melhoria de confiabilidade dos equipamentos da atividade de descarte, o equipamento prospectado para a solução do problema será devidamente pintado conforme normas internas da empresa e verificado o atendimento das disposições da NR-12 para a segurança de equipamentos e máquinas no setor industrial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

No universo da pesquisa a atividade de descarte dos tambores de fluxo na caçamba rebaixada se apresentava como perigoso, devido ao risco a integridade física do colaborador e, assim, foi cobrado da manutenção soluções que pudessem eliminar ou mitigar os riscos inerentes a essa operação. Antes do projeto de melhoria, a atividade era realizada por meio do transporte da caixa de fluxo via ponte rolante, onde os colaboradores precisavam se sobrepôr sobre a caçamba de modo a conseguir realizar o descarte.

A operação, como era feita anteriormente, é apresentada na Figura 2, observa-se que colaborador acabava se colocando na linha de risco tendo que reverter a posição dos ganchos e ainda utilizava um bastão para forçar a caixa na lateral da caçamba.



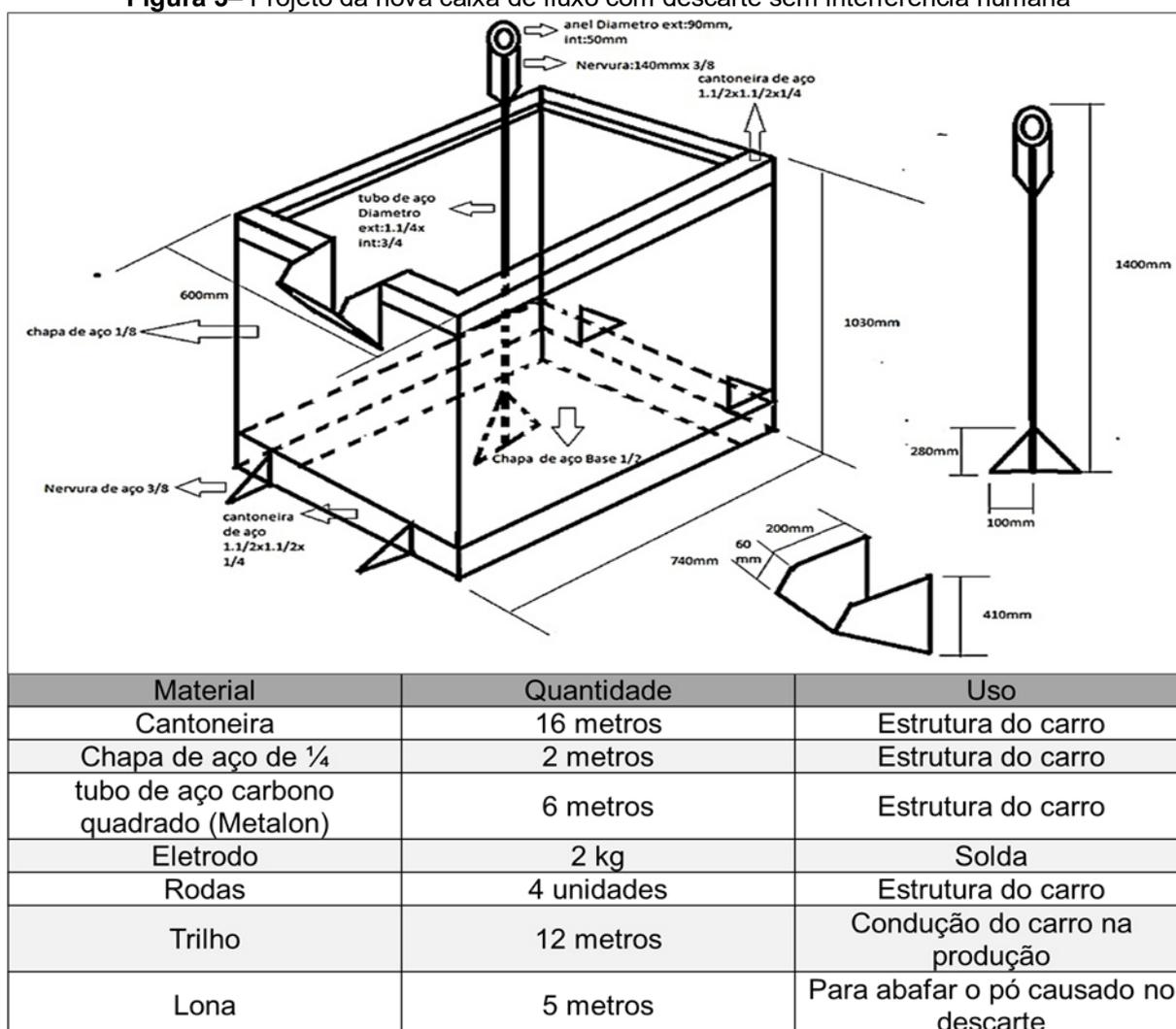
Fonte – Elaborado pelos autores (2023)

Desta forma, pela visualização do risco (mecânico e ergonômico) ao colaborador com sua interferência no processo, houve a necessidade do desenvolvimento de um novo método para o descarte da caixa de fluxo e, assim, amadureceu-se a ideia de criar um carro transportador de caixa de fluxo, com fundo móvel, de modo que o descarte ocorra sem a interferência do colaborador, com o devido distanciamento e sem nenhuma posição de risco. portanto, durante a etapa inicial do projeto se levantou as seguintes informações para o prosseguimento da melhoria:

- layout e dimensionamento do local e do equipamento onde se desenvolveu a melhoria para descarte com a caixa de fluxo;
- levantamento dos requisitos técnicos e custos para confecção;
- informações para o atendimento das normas de segurança para equipamentos e máquinas no setor industrial;
- programação da manutenção para disponibilizar recursos materiais e mão de obra para realização do projeto;
- levantamento dos ganhos e possíveis riscos ao longo do projeto.

Com essas informações foi possível desenvolver não só o croqui do projeto com o modelo do carro transportador de caixa de fluxo com fundo móvel, como também, as especificações e materiais que foram utilizados, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3– Projeto da nova caixa de fluxo com descarte sem interferência humana



Fonte – Elaborado pelos autores (2023)

Sendo assim, relata-se que o principal motivo da mudança foi a segurança dos operadores em consonância com o aumento da confiabilidade do processo. Deste modo, baseado nestas especificações para montagem da caixa de fluxo com fundo móvel, foi necessário a colaboração de funcionários do setor de Segurança do Trabalho para garantir que ela atenda aos normas de segurança e seja aprovada pela empresa.

Portanto, como entrega principal do projeto, espera-se que a carro com fundo móvel remova a operação com a interferência humana, otimize a operação e atenda aos parâmetros de segurança visando ter subsídios para comprovar a empresa que a melhoria é viável e deve ser aprovada pela empresa. Para tanto, dada as especificações e com o projeto em mãos, levou-se o projeto para a caldeiraria dentro da própria empresa para execução do projeto, ou seja, a fabricação do protótipo, iniciando pelos cortes dos materiais, conforme as dimensões especificadas.

A próxima etapa da confecção do protótipo foi montar as peças conforme o projetado para realizar o processo de soldados e acabamento superficial para posterior pintura após testes. Os trilhos do carrinho foram fixados no trajeto com auxílio de furadeira e parafuso com chumbador. Para facilitar a operação de descida da caixa pelo operador de ponte rolante, sem necessidade de intervenção do colaborador, foi realizado a soldagem do guia da caixa no carro transportador.

Posterior aos testes o carro foi devidamente pintado conforme normas internas da empresa e a lona foi instalada. Nos testes iniciais o dispositivo funcionou conforme o esperado, com a mínima ou sem nenhuma intervenção dos colaboradores. O protótipo construído é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Protótipo da caixa de fluxo após a melhoria



Fonte – Elaborado pelos autores (2023)

O carro transportador de caixa de fluxo com fundo removível foi testado no trilho, realizando a operação de descarte utilizando o guia da caixa, primeiramente em nível experimental sem medição de tempo e, após, levando em consideração o ritmo produtivo normal para este tipo de operação. Assim, foram necessários testes para comprovar sua efetividade em garantir a segurança do operador com a eliminação do processo que necessitava de interferência do colaborador com um bastão para realizar a operação.

Os resultados dos testes iniciais e comparação dos tempos entre o processo antigo e a melhoria são apresentados na Tabela 1, se realizou o mesmo número de operações para os modelos antigo de descarte da caixa de fluxo e com o novo modelo projetado para a melhoria do processo.

Tabela 1 – Teste no protótipo da caixa de fluxo após a melhoria

Equipamento	Tempo médio de operação	Tempo perdido com desperdícios e/ou perdas produtivas	Custo de fabricação (sem mão de obra)
Caixa de Fluxo	5 minutos e 3 segundos. (12 operações/ hora)	6 paradas (48 minutos/ turno)	R\$ 218,00
Carro com fundo móvel	3 minutos e 58 segundos (15 operações/ hora)	2 paradas (12 minutos/ turno)	R\$ 4.200,00

Fonte – Elaborado pelos autores (2023)

Tem-se como eventos adversos e/ou perdas produtivas em ambos os casos se observaram anotações de paradas nas ordens de serviço por falta de material no fluxo produtivo para de descarte, falta de operadores e falhas funcionais, sendo que a do protótipo foi quanto ao resíduo no fundo móvel, que impede o fechamento completo do fundo ao final da operação causando risco de acidente; e problemas no posicionamento da caixa na guia do carro transportador.

Assim, como no planejamento prevê sanar os devidos problemas antes do carro transportador de caixa de fluxo ser colocado em uso, realizou-se algumas adequações já apresentadas no projeto, que são guias para facilitar o encaixe nos trilhos e a adequação do nível de inclinação ideal do descarte que possibilite a remoção de todo o material no fundo do carro.

Cabe destacar que a perda produtiva ocasionada com o protótipo depois de solucionada após teste inicial, não mais ocorreu, entretanto, a da caixa de fluxo são recorrentes. Além dos testes, para complementar a análise de viabilidade realizou-se

um levantamento para constatar a criticidade da operação e possíveis intervenções técnicas para a manutenção do carro e/ou trilhos para que a operação possa ocorrer em seu nível ótimo de performance. Deste modo, observou-se que o não descarte dos resíduos pode comprometer a efetividade da produção como um todo, porém, não chega a paralisá-la.

Quanto aos componentes críticos do protótipo são: o trilho, as rodas e o conjunto (base; haste; anel) que realiza o movimento automatizado de descarte com o fundo móvel que possibilita a operação ser realizada sem a interferência humana. A ideia é após a aprovação confeccionar outro carro para que enquanto um esteja em operação o outro possa ser consertado caso haja necessidade, mantendo os índices de disponibilidade e manutibilidade do equipamento (carro com fundo móvel para descarte de resíduos) próximos a 100%.

Quanto a confiabilidade $R_{(t)}$, varia entre 0 (mínimo) e 1 (máximo) e pode ser usada como uma medida parcial do sucesso de um projeto industrial, é a probabilidade de o equipamento operar no nível de performance esperado e sem falhas, sob as condições de projeto, durante um tempo especificado, que geralmente é a vida de projeto. A Tabela 2 traz os cálculos para análise da confiabilidade realizados para os dois cenários (antes e após projeto de melhoria) considerando um mês de operação da melhoria em 3 turnos e o histórico de operação e ordens de manutenção do modelo antigo pelo mesmo período, onde houve um aumento de 9,20% de confiabilidade.

Tabela 2 – Confiabilidade do equipamento antes e após o projeto de melhoria

Equipamento	Tempo médio entre falhas	λ	$R_{(mês)}$
Caixa de Fluxo	$\frac{629}{48} = 11,62$	$\frac{1}{11,62} = 0,086$	$e^{-0,086*1} = 0,9176$
Carro com fundo móvel	$\frac{629}{2} = 314,5$	$\frac{1}{314,5} = 0,0038$	$e^{-0,0038*1} = 0,9968$

Fonte – Elaborado pelos autores baseados nas ordens de serviço (2023)

Por fim, relata-se que as análises para levantamento de dados iniciais e teste do protótipo duraram 1 dia, porém, dada a aprovação para teste com carga normal de trabalho, observou a melhoria durante o primeiro mês e a caixa de fluxo antiga foi analisada com o histórico de um dos meses do ano passado com o volume produtivo e horas trabalhadas mais parecidas com o observado durante o funcionamento do carro com fundo móvel proposto no projeto de melhoria.

4.2 DISCUSSÃO

Começa-se a discussão ao relatar que os principais impactos do aumento da confiabilidade gerado pelo projeto de melhoria realizado são na performance do processo de descarte dos resíduos, a disponibilidade, a manutenibilidade e a segurança das operações, além de adequar a operação as normas de Segurança do Trabalho brasileiras, principalmente, quanto a NR-12, sobre a segurança na operação de equipamentos no setor industrial.

Assim sendo, o carro com fundo móvel se mostra viável pelo menor tempo da operação, gerando 24 operações a mais por turno; menor tempo e número de desperdícios e perdas produtivas, porém, constata-se que o maior ganho é com a segurança com o corte da intervenção do operador para o descarte dos resíduos. Portanto, além da confiabilidade, que alcançou níveis compatível com a manutenção de classe mundial, acima de 99%, com a medida de confeccionar um carro com fundo móvel também pode-se atingir índices ótimos de manutenibilidade e disponibilidade.

Entretanto, relata-se que tanto o carro de fundo móvel, como os componentes críticos para os reparos e manutenção preventiva dele tem maiores custos que os da caixa de fluxo antiga, porém, estes são compensados pelas inúmeras vantagens competitivas e valor prospectado a cadeia produtiva que o projeto de melhoria trouxe a esse processo, com destaque da garantia que os processos produtivos da empresa possam ser realizados em sua capacidade máxima com um maior número de operações de descarte proporcionada pela maior efetividade do modelo proposto.

Entre estas vantagens, pode-se relatar também ganho exponencial com o maior tempo entre falhas, que após a adequação, chegou a zero falhas durante o mês e as perdas foram só quanto aos *lead-times* produtivos, o que garante uma confiabilidade de 100% no projeto de melhoria fora dos períodos de testes iniciais. Além disso, não houve nenhum acidente ou eventos adversos envolvendo riscos aos operadores e demais colaboradores que transitam pelo local.

Por fim, relata-se que o projeto foi aceito pela empresa não só pelo ganho operacional obtido, mas também, pela prospecção de ganho na segurança com a mitigação dos riscos mecânicos e ergonômicos visualizados com a realização da operação de descarte com o modelo antigo através da caixa de fluxo e um bastão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o objetivo geral foi contemplado, pois, com o projeto de melhoria pode-se eliminar os riscos da operação ao automatizar a operação, aumentando a segurança; aumentou-se a confiabilidade do processo e, portanto, sua eficiência e eficácia. Além disso, reduziu o número de intervenções técnicas para manutenção ou correção dos equipamentos que realizam a operação, elevando a manutenibilidade e disponibilidade para realizar este importante processo da cadeia produtiva da empresa analisada.

Quanto os objetivos específicos que colaboraram para contemplar o primário, ao conceituar a gestão da manutenção industrial observou-se que é papel deste departamento não só garantir a confiabilidade dos ativos do sistema produtivo através de melhorias e adequações técnicas e gerenciais estratégicas para melhorar continuamente a efetividade dos processos da manutenção e, conseqüentemente, seus indicadores de desempenho, que reflete em uma maior produtividade.

Já ao investigar as principais ações estratégicas para aumento da confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial constatou-se que elas dizem respeito ao planejamento e controle eficaz da manutenção, ou seja, com a definição das políticas, estratégias, modelos de gestão e planos da manutenção. Dentre estes planos, estão os projetos de melhoria para o aumento da qualidade dos processos da manutenção, segurança das operações, disponibilidade, manutenibilidade e confiança dos ativos, além de menos impactos no meio ambiente.

Ao discorrer sobre a importância da segurança em equipamentos e máquinas percebeu-se que a manutenção tem um papel fundamental, pois, cabe a este departamento de apoio a produção colaborar para eliminar e/ou mitigar os riscos relativos as operações em equipamentos e máquinas através ações para promover a sua performance adequada e segura e a instalações de proteções e barreiras físicas que dificultem o acesso a áreas de risco durante a realização da operação.

Quanto ao caracterizar as ações para o gerenciamento de projetos de melhoria no setor de manutenção industrial compreendeu-se que eles se baseiam em aumentar a confiabilidade e a segurança projetada, assim como, promover meios para reduzir os impactos ambientais para que as organizações no setor industrial possam ser competitivas e sustentáveis. Deste modo, entendeu-se que toda melhoria promovida

por estes projetos deve ter seus impactos avaliados e, geralmente, a variável mais importante são o tempo, custo, confiabilidade e qualidade dos processos realizados.

Assim sendo, ao elaborar um projeto de melhoria da confiabilidade dos equipamentos e máquinas de descarte dos tambores de fluxo na caçamba rebaixada, , cumpriu-se sua principal entrega, que era desenvolver um meio mais eficiente e eficaz para realizar a operação sem a interferência humana, devido aos riscos da maneira como ele era realizado anteriormente. Com isso, obteve-se um ganho de 9,20% de confiabilidade, eliminou-se o risco por completo, aumentou-se o tempo entre falhas e diminuiu-se o tempo da operação em um minuto e cinco segundos em média, garantindo que a empresa aceite a melhoria e a integre a cadeia produtiva.

Quanto a responder ao problema da pesquisa, percebeu-se que as ações estratégicas da manutenção industrial refletem na promoção de melhorias contínuas no sistema de gestão da manutenção através de altos níveis de confiabilidade dos equipamentos, máquinas e instalações no setor industrial. Este vem com a nova premissa do setor de manutenção de otimização da performance em seu estado ótimo para elevar a competitividade aos menores custos possíveis.

Como limitação do projeto de melhoria proposto aponta-se o custo para a fabricação do carro com fundo móvel para descarte dos resíduos, além do aumento no custo das operações da manutenção e reposição de peças com o novo equipamento do processo. Em contrapartida, relata-se que apesar do custo maior há um ganho de produtividade que compensa o gasto e, ainda, se tem menos paradas para manutenção do que com o modelo de operação de descarte antigo.

Como recomendação indica-se que se faça um mapeamento de todos os possíveis equipamentos críticos do processo que necessitam de adequações para garantir a otimização da efetividade e segurança durante a operação. Assim, se estabelece meios viáveis para resolvê-los e, para a execução, se realiza o projeto de melhoria baseado nas melhores práticas do gerenciamento de projeto para garantir que os resultados sejam atingidos satisfatoriamente.

Como sugestão para futuras pesquisas aponta-se abordas as ferramentas e técnicas para identificar e eliminar os riscos e desperdícios que diminuem a efetividade dos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. S. D. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. 1ª edição. 2ª tiragem. São Paulo: Érica, 2016.
- AZEVEDO, C. B. **Metodologia científica ao alcance de todos**. 4ª edição. Barueri: Manole, 2018.
- CAMISASSA, M. Q. **Segurança e Saúde no Trabalho: NRs 1 a 37 comentadas e descomplicadas**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2019.
- CORREA, C. Z. **Gestão em Segurança do Trabalho e Técnicas de Medição**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.
- DUARTE, J. L. R. FOGLIATTO, F. S. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- FREITAS, C. A. **Gestão estratégica por meio de projetos, programas e portfólio**. São Paulo: Editora Brasport Livros e Multimídia Ltda., 2016. 74 p.
- FREITAS, C. A. *et al.* A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. **REMIPE-Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco**, v. 6, n. 2, p. 229-251, 2020. Disponível em: <http://remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/view/289>. Acesso em: 15 maio 2023.
- GRAY, C. F.; LARSON, E. W. **Gerenciamento de projetos: o processo gerencial**. Tradução: Théo Amon. Revisão técnica: Roque Rabechini Jr. 6ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. **Manutenção industrial**. Revisão técnica: Henrique Martins Rocha. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- GREGÓRIO, G. F. P.; PRATA, A. B. SANTOS, D. F. **Engenharia de manutenção**. Revisão técnica: André Shataloff. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- KARNABAR, V.; WARBUTON, R. D. **Gestão de projetos**. Tradução: Cecília Bartalotti. São Paulo: Saraiva, 2021.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.
- KERZNER, H. **Gerenciamento de projetos: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle**. 11ª edição americana. Tradução: João Gama Neto; Joyce I. Prado. São Paulo: Blucher, 2015.
- LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. Atualização: João Bosco Medeiros. 8ª edição. Barueri: Atlas, 2022.

LUCATO, André V. R.; OLÍVIO, Amauri; SOEIRO, Marcus Vinícius A. **Gestão da Manutenção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A., 2017.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**: Volume 1. 1ª edição. 9ª reimpressão. São Paulo: Blucher, 2018.

MATTOS, U. A. O.; MÁSCULO, F. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. 2ª edição, revista e ampliada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

PAES, E. S.; VILGA, V. F. **Gestão de Projetos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

PMI, *Project Management Institute*. **Guia PMBOK**: Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos. 6ª edição. Estados Unidos da América: *Project Management Institute*, 2017.

PULZ, E. M. A evolução da Gestão da Manutenção nas indústrias. 2020. 16 p. Art. Científico (Engenharia Mecânica). Centro Universitário Hermínio Ometto. Araras-SP, 2020. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61989699/artigo_em_desenvolvimento__edenilson_final2020. Acesso em: 16 mar. 2023.

REIS, T. L. **Auditoria e Segurança do Trabalho**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SELEME, R. **Manutenção Industrial**: Mantendo a fábrica em funcionamento. Série Administração da Produção. Curitiba: Editora InterSaberes, 2015.

WYSOCKI, R. K. **Gestão eficaz de projetos**: o ambiente organizacional de gerenciamento de projetos, volume 2. Tradução: Arlete Simille Marques. Revisão técnica: Renato Henrique Ferreira Branco; Rubens Vinha Junior. São Paulo: Saraiva Educação, 2020.