



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HEKYZUKY JERUZELSKY JALES LUCAS

**CRIAÇÃO DE PEÇAS PARA REDUÇÕES DE CUSTOS EM MANUTENÇÕES
DE MAQUINAS FORMADORAS DE CAIXAS: UM ESTUDO DE CASO**

MOSSORÓ

2023

HEKYZUKY JERUZELSKY JALES LUCAS

**CRIAÇÃO DE PEÇAS PARA REDUÇÕES DE CUSTOS EM MANUTENÇÕES
DE MAQUINAS FORMADORAS DE CAIXAS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de produção.

Orientador: Joyce Abreu Maia, Prof.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Lc Lucas, Hekyzuky.
 Criação de peças para reduções de custos em
 manutenções de máquinas formadoras de caixas: um
 estudo de caso / Hekyzuky Lucas. - 2023.
 47 f. : il.

 Orientadora: Joyce Maia.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
 Produção, 2023.

 1. Manutenção preventiva. 2. PDP. 3. Máquinas.
 4. Redução de custos. I. Maia, Joyce, orient. II.
 Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HEKYZUKY JERUZELSKY JALES LUCAS

**CRIAÇÃO DE PEÇAS PARA REDUÇÕES DE CUSTOS EM MANUTENÇÕES
DE MAQUINAS FORMADORAS DE CAIXAS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de produção.

Defendida em: 19 /05/2023.

BANCA EXAMINADORA

**Joyce Abreu
Maia**

Assinado de forma digital por
Joyce Abreu Maia
Dados: 2023.05.20 10:11:51
-03'00'

Joyce Abreu Maia, Prof. (UFERSA)
Presidente

**BLAKE CHARLES DINIZ
MARQUES:**

Assinado digitalmente por BLAKE CHARLES DINIZ MARQUES
ID: CN=BLAKE CHARLES DINIZ MARQUES.67673139472, OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2023.05.20 09:13:03-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.0

Prof. Dr. Blake Charles Diniz Marques (UFERSA)
Membro

**ANDRE PEDRO
FERNANDES
NETO:**

Assinado digitalmente por ANDRE PEDRO FERNANDES
NETO:
ID: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Presencial, OU=68417107500141, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB e-CNPJ A3, OU=(sem
branco), CN=ANDRE PEDRO FERNANDES NETO:67306721453
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2023.05.20 10:09:38-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.1

Prof. Dr. André Pedro Fernandes Neto (UFERSA)
Membro

*A **Rita Jales da Rocha Lucas** (In memoriam),
que foi minha mãe, amiga, e sempre me
inspirou e nunca deixou que eu desanimasse e
desistisse deste sonho. Gostaria que ela
estivesse aqui para realmente ver que
consegui e que segui suas orientações e
conselhos, obrigado por tudo.*

*A **Deus**, pela vida de familiares e amigos.*

*A **Camila Maia Serafim**, minha esposa,
pela paciência e dedicação, pôs somente
com a ajuda sua, pôde ter tempo de
terminar esta jornada.*

*A **Yasmin de Oliveira Jales, Matheus de
Oliveira Jales e Ravi Emanuel Maia Jales**,
meus filhos, pela paciência, por muitas
vezes não lhes dar a atenção que realmente
eles merecem.*

*A **Joyce Maia**, minha Professora
orientadora, que teve compreensão com
minha falta de tempo, pelo incentivo
necessário para conclusão deste projeto.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ter dado paciência e sabedoria nos momentos necessários para conclusão de toda essa jornada, e por me abençoar muito mais do que eu mereço.

Aos meus pais, Manoel Lucas Sobrinho e Rita Jales da Rocha Lucas, pelo apoio, dedicação, paciência, e esforço, principalmente por várias horas de trabalho para criar com dignidade a mim e os meus três irmãos.

Aos meus irmãos, Teclatfalazart Jales Lucas, Miriam Jales Lucas e Franklin Roosevert Jales Lucas, por participarem do meu crescimento, ajudado como exemplo e dedicação.

A minha esposa, Camila Maia Serafim, que sempre esteve ao meu lado, aguentando os estresses do dia a dia, tendo muita paciência, me inspirando a não desistir e buscar um mundo melhor para nossa família.

Aos meus filhos, Yasmin de Oliveira Jales, Matheus de Oliveira Jales e Ravi Emanuel Maia Jales, que sempre foram a razão e o motivo de não parar de estudar, buscando melhores situações em nossas vidas.

Meus enteados, Ana Letícia Maia Fernandes e João Lucas Maia Pereira, que aumentaram a minha família, e que tenho aprendido muito com essa nova experiência.

A todos os meus familiares, que acreditaram no meu sucesso.

E a todas as pessoas que tive a oportunidade de conviver e aprender algo que pôde enriquecer os meus conhecimentos.

“Sou o resultado do que uma grande
mulher quis fazer de mim”.

Thomas Alva Edison

RESUMO

Este trabalho teve foco na criação, confecção, testes e aprimoramentos de peças (êmbolos para cilindros pneumáticos) voltadas a manutenção preventiva de máquinas de montagem de caixa. A manutenção preventiva das máquinas é um serviço em que um técnico necessita revisar periodicamente a máquina ou as instalações para revisar os pontos-chave e diagnosticar sua condição. Como se trata de um equipamento importado, nos dias atuais as empresas com foco na redução dos custos pelas altas de Euro e do dólar, cada vez mais se vê a necessidade de verificações de novas alternativas. Com o início da pandemia de COVID-19 no mundo, muitas fábricas tiveram suas atividades suspensas, como também as dificuldades de importações de peças de reposições. Visando essas condições, com a necessidade de manter em dia as manutenções preventivas das máquinas nos clientes, tendo em vista que os clientes são do ramo alimentício, e que foram um dos ramos essenciais, onde não pararam durante a pandemia, necessitando a equipe de manutenção criar algumas alternativas para execução das manutenções preventivas, entre elas algumas nacionalizações de peças, com a confecção de peças industrializadas, dessa forma gerando redução e agilidade na execução das tarefas.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva. PDP. Máquinas. Redução de Custos.

ABSTRACT

This work focused on creating, manufacturing, testing and improving parts (plungers for pneumatic cylinders) aimed at preventive maintenance of box assembly machines. Preventive maintenance of machines is a service in which a technician needs to periodically review the machine or installations to review key points and diagnose their condition. As this is imported equipment, nowadays companies focused on reducing costs due to the rise in the Euro and the dollar, increasingly see the need to check new alternatives. With the onset of the COVID-19 pandemic in the world, many factories had their activities suspended, as well as difficulties in importing spare parts. Aiming at these conditions, with the need to keep up to date with the preventive maintenance of the machines at the customers, considering that the customers are in the food business, and that they were one of the essential branches, where they did not stop during the pandemic, requiring the maintenance team create some alternatives for carrying out preventive maintenance, including some nationalization of parts, with the manufacture of industrialized parts, thus generating reduction and agility in the execution of tasks.

Keywords: Preventive Maintenance. PDP. Machines. Cost Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Estruturação do trabalho.....	20
Figura 2	–	Modelo da Ferramenta 5W2H.....	25
Figura 3	–	Classificação da Pesquisa.....	29
Figura 4	–	Etapas da pesquisa.....	30
Figura 5	–	Modelo de máquina do estudo.....	32
Figura 6	–	Tela do aplicativo de manutenções da empresa.....	34
Figura 7	–	Diagrama de Pareto.....	36
Figura 8	–	Ciclo PDCA.....	37
Figura 9	–	Kit reparo original.....	38
Figura 10	–	Embolo Mos-S32.....	38
Figura 11	–	Embolo Mos-M32.....	39
Figura 12	–	Embolo Mos-S50.....	39
Figura 13	–	Kit reparo 32mm nacional.....	40
Figura 14	–	Segunda versão embolo MOS-M32.....	43
Figura 15	–	Detalhe da segunda versão embolo MOS-M32.....	44
Figura 16	–	Comparação de altura dos reparos de 50 mm.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Problemas encontrados.....	47
Tabela 2	– Dados de falhas nas manutenções.....	48
Tabela 3	– Preços para a execução das peças.....	52
Tabela 4	– Custos anuais de confecção e reparos.....	53
Tabela 5	– Análise de custos por máquina.....	54
Tabela 6	– Custos Totais.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How Much</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APR	Análise Preliminar de Riscos
COVID	<i>Corona Virus Disease</i>
Dr	Doutor
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
NBR	Norma Brasileira
NPR	<i>Number of Priority Risk</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 MANUTENÇÃO.....	18
2.2.1 Histórico.....	18
2.2.2 Definições.....	19
2.2.3 Objetivos das manutenções.....	20
2.2 FERRAMENTAS DIAGNÓSTICAS.....	21
2.2.1 Análise de modo e efeito de falha potencial (FMEA).....	21
2.2.2 Ferramenta 5W2H.....	22
2.2.3 Ciclo PDCA.....	24
2.2.4 Gráfico de Pareto.....	24
2.3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	25
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.2 MÉTODO PROPOSTO.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 ESTUDO DE CASO.....	29
4.2 O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CAIXAS.....	31
4.3 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS E FALHAS.....	31
4.5 PONTOS DE MELHORIAS.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
5.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	44
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será exibida a contextualização do tema proposto, a justificativa da pesquisa e os objetivos deste trabalho, finalizando com a apresentação da estrutura do trabalho.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No dia a dia, é comum as pessoas se depararem com diversos tipos de produtos de consumo, de diversas áreas, sejam no ramo alimentício, farmacêutico e industrial. Contudo, existe uma das coisas essenciais em todos os produtos, suas embalagens. Um dos ramos mais comuns e importantes na fruticultura, são as embalagens de caixas com papelão ondulado, no qual focaremos.

No caso proposto, se trabalhará com a máquina de uma fabricante espanhola, responsável por mais de 90% dos modelos utilizados na região nordeste. Todos os pontos apresentados foram desenvolvidos perante uma dificuldade encontrada durante a pandemia do COVID-19 no Brasil e no mundo, onde vários fornecedores tiveram que fechar suas fábricas, como também todas as dificuldades de compras importadas. Visando a continuidade das tarefas de manutenção, com o foco na melhoria de produtos e reduções de custos anuais das manutenções preventivas, esse trabalho será focado em encontrar soluções viáveis, sem deixar a qualidade dos produtos e o uso de técnicas aprovadas por normas técnicas.

A nacionalização de peças originais importadas, como também a substituições de peças industrializadas por peças usinadas em oficinas locais, tornaram os processos mais ágeis, como também com custos menores. Mas como todas as mudanças, a parte de implantação e testes veem com bastante desafios e dificuldades, que contextualizaremos no decorrer deste trabalho.

E como esse trabalho se trata de um estudo de caso de manutenções preventivas, será usado como referência a NBR-5462 (Confiabilidade e manutenibilidade), Norma essa que define os termos relacionados com a confiabilidade e a manutenibilidade. Dessa forma, todos os termos técnicos relacionados a manutenções, estará nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que no Brasil rege as normas que todos os engenheiros devem se orientar em seus projetos, como também determinaram padrões técnicos e de segurança.

Com auxílio de dados levantados durante um ano de implantação, foi feito um comparativo de viabilidade técnica, como também de reduções de custos. E dessa forma, usar esse trabalho como um exemplo real do uso de conhecimentos da área da engenharia de produção, seja no desenvolvimento de produtos, manutenção e automação, como na engenharia de custos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o início da pandemia internacional do COVID-19 no início de 2020, houve diversos impactos no cotidiano de todos, entre eles, o fechamento de atividades, viagens e escassez de produtos, com isso o setor de manutenção precisou criar suas alternativas, pois os setores essenciais, como o ramo alimentício teve que continuar as atividades, com diversos protocolos de segurança e regras de distanciamentos sociais. Desta forma os profissionais de manutenção foram incluídos entre as atividades essenciais e como todos, tiveram que encontrar alternativas para tentar continuar as atividades.

Uma parte das atividades de manutenção depende de peças de reposição, e neste caso, todas as peças originais das máquinas usadas neste estudo são de origem europeia, deixando a empresa totalmente dependente de importações, que no momento citado estavam praticamente suspensas. A alternativa seria substituir todas as peças importadas por peças nacionais, entretanto um dos pontos mais requisitados eram de reparos internos de cilindros pneumáticos. A troca de todos os cilindros pneumáticos por produtos nacionais traria um custo elevado, como também acarretaria grande transtorno e tempo de parada das máquinas, que no momento era inviável.

A equipe local em reuniões semanais começou a questionar, **“Será possível criar alguma peça que possa substituir os reparos originais dos cilindros, sem modificar a estrutura da máquina?”**.

Em um brainstorming a equipe sugeriu encontrar fornecedores locais para trabalhar na criação de êmbolos metálicos, que adaptassem os reparos nacionais nos cilindros importados. Entretanto a situação necessitaria abranger três alternativas diferentes, e o planejamento de criação de três peças diferentes. A situação crítica justificava essas alterações, mas com isso foi gerada outra pergunta: **“Seria possível com essas modificações, trazer algum ganho financeiro para a empresa?”**

Ao recorrer à confecção de peças de reposição no mercado nacional, várias vantagens se tornam evidentes:

a) Redução da dependência externa: Ao evitar a importação de peças de reposição, reduz-se a dependência de fornecedores internacionais, minimizando os riscos associados a interrupções nas cadeias de suprimentos globais.

b) Agilidade e flexibilidade: Produzir peças de reposição localmente permite uma resposta mais rápida às demandas do mercado. As empresas podem adaptar a produção conforme necessário e reduzir o tempo de espera para a obtenção das peças.

c) Estímulo à economia local: Ao optar pela confecção de peças de reposição no mercado nacional, é possível impulsionar a economia local, gerando empregos, estimulando o crescimento da indústria nacional e fortalecendo a capacidade produtiva interna.

d) Redução de custos: Em alguns casos, a produção local pode ser mais econômica do que a importação, considerando os custos associados à logística internacional, tarifas e flutuações cambiais.

Assim todas as etapas deveriam ser contabilizadas para análise da viabilidade financeira do processo.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos são divididos entre objetivo geral, mais abrangente, e objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar melhorias e substituições de peças equivalentes na manutenção preventiva de máquinas formadoras de caixa pela equipe de manutenção de máquinas de uma empresa de celulose.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Aplicar *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), 5W2H, e Gráfico de Pareto para analisar as falhas na máquina formadora de caixas;
- Propor a troca de peças de reparos pneumáticos para as máquinas;
- Executar testes de desenvolvimentos de peças e reparos para cilindros pneumáticos;

- Comparar os custos originais com os custos após a utilização de peças nacionais;
- Comparar os custos e resultados atuais com os de anos anteriores.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este estudo se encontra dividido e organizado entre quatro capítulos como é mostrado na Figura 1:

Figura 1 - Estruturação do trabalho

Introdução

Objetivos

Referencial Teórico

Manutenção

Ferramentas

Desenvolvimento do produto

Metodologia

Classificação da pesquisa

Método proposto

Resultados e Discussões

Estudo de caso

Identificação de problemas e falhas

Criação de produtos e análise dos custos

Considerações Finais

Fonte: Autoria própria (2023)

O capítulo 1 é a introdução, com a contextualização e a justificativa. o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, o capítulo 3 mostra a metodologia, no capítulo 4 tem-se os resultados e discussões e no capítulo 5 são mostradas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se a base teórica utilizada neste trabalho, sobre manutenção de máquinas, ferramentas de diagnóstico e desenvolvimento do produto.

2.1 MANUTENÇÃO

2.2.1 Histórico

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual este possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462, 1994).

Com o advento da Revolução Industrial no século XVIII, onde se originou os meios de produção industrial, o nível de exigência na qualidade dos produtos aumentou, e com isso muitas normas e padrões foram desenvolvidos, sendo para todo meio industrial um parâmetro de competitividade no mercado. Nesse panorama, não havia necessidade de manutenção sistematizada, nem raramente era requerido pessoal especializado para a sua execução (NUNES, 2001). Caracterizando a primeira geração.

Já a segunda geração veio em um cenário com um contexto histórico. A Guerra Fria incentivava a indústria bélica a produzir armas, resultando no aumento acelerado dos diversos ramos da indústria. As indústrias passaram a depender cada vez mais das máquinas, que começaram a se multiplicar e se modificar em tipo, quantidade e complexidade (NUNES, 2001).

A terceira geração, segundo Moubray (2000), iniciou nos anos 70. Alavancado com a utilização dos computadores de grande porte, o planejamento e controle das ações de manutenções faz surgir outro conceito, a manutenção preditiva, que está associada às práticas de manutenção com caráter preventivo e antecipado.

Como em toda empresa, o caso estudado também necessita de diminuições de custos em todas as operações, entretanto a manutenção tem impacto crucial em todo meio produtivo. Nunes (2001) afirma que os custos de manutenção transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial. A pandemia do COVID-19 criou diversas dificuldades que a geração atual nunca tinha vivido, gerando diversas problemáticas a serem resolvidas.

2.2.2 Definições

Desde a invenção da roda, o ser humano não parou de criar equipamentos e utensílios, desta forma, com o passar do tempo eles viram que uma atividade deveria estar presente em conjunto com as criações, uma atividade que hoje conhecemos por manutenção.

De acordo com ALMEIDA (2016, p. 17, apud AFNOR, 2016), no item NF 60-010, “manutenção é o conjunto de ações que permitem restabelecer um bem para seu estado específico ou medidas para garantir um serviço determinado”.

Manutenção segundo a NBR-5462, é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Nas quais poderão ser divididas por suas características e classificadas como: preventiva, corretiva, controlada/preditiva, programada, não-programada, remota. As definições podem ser vistas a seguir:

Manutenção preventiva: É a manutenção 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. Segundo ALMEIDA (2016), A manutenção preventiva foi desenvolvida para evitar os prejuízos causados por paradas imprevistas e evitar que defeitos de pequeno impacto causem danos maiores nas máquinas.

Manutenção corretiva: É a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Segundo ALMEIDA (2016), a manutenção corretiva acontece de maneira quase automática. Uma máquina em produção é responsável por garantir o cumprimento de prazos de entrega junto aos clientes; sua precisão garante a qualidade e confiabilidade do produto e, principalmente, contribui com a arrecadação de recursos financeiros para empresa.

Manutenção controlada/Manutenção preditiva: É a manutenção 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. Segundo ALMEIDA (2016), A manutenção preditiva é um método de administração da manutenção desenvolvido com a finalidade de verificar as reais

condições das peças e dos componentes de uma determinada máquina, equipamento ou instalação e, com isso, acompanhar os fenômenos decorrentes dos defeitos e planejar uma operação de manutenção corretiva para saná-lo. Manutenção programada. É a manutenção preventiva efetuada de acordo com um programa preestabelecido.

Manutenção não-programada: É a manutenção que não é feita de acordo com um programa preestabelecido, mas depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item.

Manutenção remota: É a manutenção efetuada sem acesso direto de pessoal ao item.

2.2.3 Objetivos das manutenções

Estabelecer metas e objetivos nas manutenções são de extrema importância, segundo SLACK *et al.* (2002, p.644) classificam as manutenções conforme os seguintes objetivos:

- Redução de custos: Através da Manutenção Preventiva podem-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção;
- Maior qualidade de produtos: Equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais;
- Maior segurança: Setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;
- Melhor ambiente de trabalho: Ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado através de atividades da Manutenção Autônoma, melhoram o nível de trabalho dos funcionários;
- Desenvolvimento profissional: o programa de Manutenção Produtiva Total desenvolve novas habilidades e também crescimento profissional aos trabalhadores pelo seu envolvimento direto nas decisões de aumento de produtividade da empresa;
- Maior vida útil dos equipamentos: O programa objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, através de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;

- Maior confiabilidade dos equipamentos: Equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores de uma falha para outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção;
- Instalações da produção com maior valorização: Instalações bem mantidas têm maior valor de mercado;
- Maior poder de investimento: A redução de custos obtida através da *TPM (Total Productive Maintenance)* tem relação direta com o aumento de investimentos, o que beneficia os acionistas os funcionários e a comunidade ao entorno da empresa;
- Preservação do meio ambiente: Com o bom regulamento das máquinas, advindo da TPM, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais.

2.2 FERRAMENTAS DIAGNÓSTICAS

As ferramentas diagnósticas desempenham um papel fundamental na área da engenharia, permitindo a análise e identificação precisa de problemas em sistemas e estruturas complexas. Essas ferramentas são utilizadas para monitorar o desempenho de equipamentos, detectar falhas e diagnosticar possíveis causas de mau funcionamento. Como afirma Silva (2020), “a utilização de ferramentas diagnósticas eficientes é essencial para a manutenção preditiva e preventiva de sistemas industriais, garantindo a eficiência operacional e a maximização da vida útil dos equipamentos”. Com base nessa citação, percebe-se a importância de empregar ferramentas diagnósticas adequadas no campo da engenharia, a fim de garantir a segurança e a eficiência das operações, além de otimizar o tempo e os recursos investidos em manutenção.

2.2.1 Análise de modo e efeito de falha potencial (FMEA)

Segundo GREGORIO (2018), é uma ferramenta utilizada para identificar falhas, suas causas, consequências e estimar o risco de cada uma delas, com o objetivo de concentrar os esforços de manutenção.

Segundo ALMEIDA (2016), essa ferramenta auxilia a qualidade de processos de manufatura ou serviços e tem como objetivo principal analisar os modos de falha para a identificação de sua causa que podem ocorrer em peças ou conjuntos. O FMEA é um

dos itens essenciais na documentação de processos de fabricação de peças na indústria automotiva e foi desenvolvido para utilização na área militares na década de 1940 nos EUA.

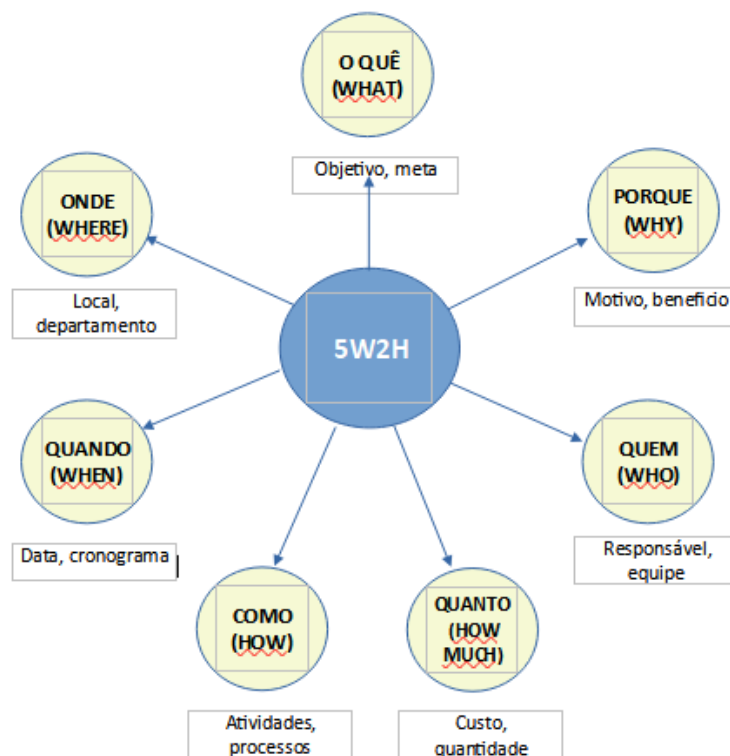
Para desenvolver a metodologia FMEA, os seguintes procedimentos devem ser seguidos:

- Determinar os modos de falha no processo para cada entrada, ou seja, as maneiras de o processo falhar.
- Determinar os efeitos para cada modo de falha identificado.
- Para cada modo de falha, identificar as causas potenciais.
- Identificar os meios de controle utilizados para cada modo de falha.
- Analisando os dados, atribuir o nível de severidade (S), de ocorrências (O) e detecção (D), conforme segue: mensurar de 1 a 10 o nível de gravidade (g);
- definir o número de frequência de ocorrências de causas, mensurando de 1 a 10;
- definir a capacidade de detecção dos controles que estão sendo utilizados atualmente para detectar as falhas;
- Calcular o número de prioridade de risco – NPR (*Number of Priority Risk*) a partir da relação: $NPR = S \times O \times D$.
- Determinar ações recomendadas para reduzir os níveis de NPR (S, O e D). » Implementar as ações recomendadas NPR e documentar.

2.2.2 Ferramenta 5W2H

De acordo com Franklin (2006), a ferramenta 5W2H é compreendida em ações planejadas em vista aos problemas identificados, de forma simples e contundente. Estas ações devem ser executadas e implementadas conforme a orientação passo a passo, obedecendo às etapas estabelecidas. A Figura 2 apresenta um modelo do 5W2H:

Figura 2 – Modelo da Ferramenta 5W2H



Fonte: Adaptado de Franklin (2006)

Para o plano de ação será usado o 5W2H, que é um checklist de atividades específicas para criar e organizar um projeto com o intuito de realizá-lo com o máximo de clareza e eficiência. O nome 5w2h são as iniciais (em inglês) das sete diretrizes que o método define, são sete perguntas essenciais que devem ser respondidas para deixar o projeto mais claro e eficiente.

Onde cada letra significa uma ação, com os caracteres com letras em inglês:

- 5 W:
 - *What* (o que será feito?);
 - *Why* (por que será feito?);
 - *Where* (onde será feito?);
 - *When* (quando?);
 - *Who* (por quem será feito?);
- 2H:
 - *How* (como será feito?);
 - *How much* (quanto vai custar?).

A partir das respostas facilitará a organização e a compreensão macro dos principais elementos do projeto, melhorando o nível de alinhamento entre os envolvidos, bem como o monitoramento.

2.2.3 Ciclo PDCA

Conhece-se como Ciclo PDCA a ferramenta de qualidade de quatro fases, que é amplamente utilizada para a solução de problemas, controle e melhoria contínua de processos e produtos, onde cada letra representa uma etapa, sendo o P (Plan) Planejar, o D (Do) Fazer, o C (Check) de Verificar, o A (Act) de agir.

Segundo BAXTER (2011) Para superar essa dificuldade, precisamos recorrer ao ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), do controle de qualidade, que estabelece:

P – Planeje o que vai ser realizado;

D – Realize-o;

C – Confira o que foi realizado;

A – Atue para corrigir os erros.

Conforme BAXTER (2011) Esse ciclo PDCA gira continuamente, planejando, realizando, conferindo e atuando sobre os erros. Sendo assim como o modelo sugere um ciclo.

2.2.4 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto é uma ferramenta estatística amplamente utilizada para identificar e priorizar os principais problemas ou causas que contribuem para um determinado resultado indesejado. Introduzido por Vilfredo Pareto no século XIX, o gráfico de Pareto baseia-se no princípio conhecido como “regra 80/20”, que afirma que aproximadamente 80% dos efeitos são geralmente causados por 20% das causas.

De acordo com Gil (2018), o gráfico de Pareto é uma representação visual que permite identificar as causas mais significativas de um problema ou ação de melhoria. Ele consiste em um gráfico de barras que exibe as frequências ou o impacto relativo de

cada causa em ordem decrescente. Dessa forma, é possível identificar as causas que devem ser priorizadas para alcançar melhorias significativas.

Ao aplicar o gráfico de Pareto, é fundamental entender que nem todas as causas têm o mesmo impacto ou importância. Conforme destaca Roesch (2015), a análise dos dados e a construção do gráfico permitem identificar as principais causas que contribuem para a ocorrência de problemas, concentrando os esforços de melhoria nas áreas mais críticas.

Uma das principais vantagens do gráfico de Pareto é sua simplicidade e eficácia na identificação de prioridades. Segundo Marconi e Lakatos (2017), essa ferramenta permite uma rápida visualização das causas mais relevantes e auxilia na tomada de decisão ao direcionar os recursos para ações que trarão maiores benefícios.

Contudo, é importante destacar que o gráfico de Pareto não é uma solução definitiva, mas sim uma etapa inicial no processo de melhoria contínua. Conforme salienta Juran (2010), a aplicação do gráfico de Pareto deve ser complementada por outras ferramentas e métodos estatísticos para aprofundar a compreensão das causas raiz e desenvolver soluções efetivas.

Para realizar uma análise de Pareto eficaz, é necessário coletar dados precisos e representativos. De acordo com Martins e Laugen (2019), a qualidade dos dados é essencial para obter resultados confiáveis e significativos. A escolha adequada das categorias e a correta identificação das causas são fundamentais para a precisão da análise.

Ao aplicar o gráfico de Pareto, é importante considerar as características e particularidades do contexto em questão. Conforme ressaltam Moreira e Ferreira (2021), cada situação demanda uma abordagem personalizada, levando em conta fatores como a natureza do problema, a disponibilidade de recursos e a urgência da ação.

2.3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Conforme Romeiro et al. (2010), o desenvolvimento de produto e do projeto do produto são atividades complexas, muitas vezes com informações incompletas e mal

estruturadas. Estes são alguns problemas que a equipe de desenvolvimento de produtos enfrenta quando as necessidades do mercado consumidor não estão bem definidas.

Nas literaturas poderemos encontrar diversos modelos para aplicação e desenvolvimento de produtos, mas cada caso deverá ser analisado de acordo com sua necessidade e aplicação, pois não existe uma receita padrão e ideal para todos os casos, ou como comumente podemos escutar como, receita de bolo. “A utilização de modelos como receitas de bolo, pode gerar mais problemas do que soluções, caso a estrutura da empresa não seja adequada ao modelo utilizado” (ROMEIRO et al., 2010, p. 19).

No meio industrial devemos utilizar todos os recursos necessários e possíveis para solucionar os problemas encontrados no dia a dia, contudo não é uma tarefa fácil e rápida, encontrar a melhor alternativa para fazer um produto substituto com características e requisitos que atendam a situação apresentada. De acordo com Kotler e Armstrong (2007), essas ideias podem vir de fontes internas e externas para a empresa. Fontes internas são: área técnica, de pesquisa, comercial, equipe de desenvolvimento e sugestões dos funcionários. Fontes externas são: consumidores, revendedores, concorrência, institutos e centros de pesquisa e desenvolvimento.

Os testes e aprimoramento fazem parte de toda implementação, mesmo em pequena escala, ou de partes de um processo, contudo as tentativas que não forem bem sucedidas deveriam servi para análise de tentativa e erro. “Desenvolvimento do conceito: descobrir o que o cliente quer realmente com o produto. Teste do conceito: testar os novos produtos com o público-alvo” (KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

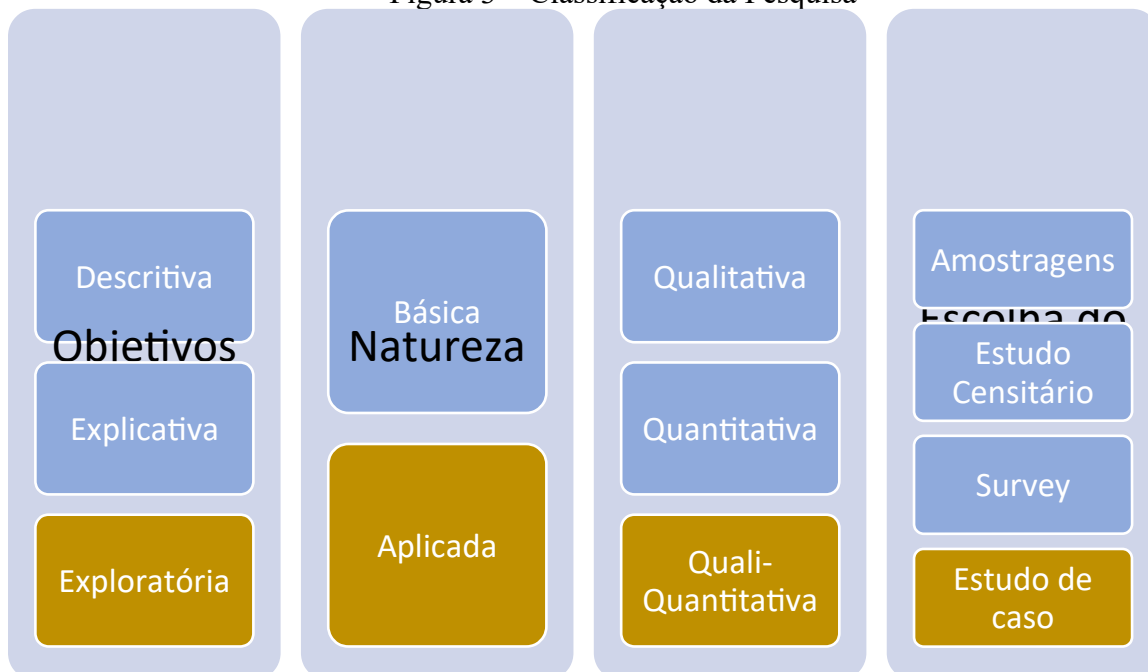
3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia de pesquisa utilizada no estudo, sua classificação e método proposto.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser classificada em diferentes aspectos, que podem ser observados na Figura 3:

Figura 3 – Classificação da Pesquisa



Fonte: Autoria Própria (2023)

Esta pesquisa se classifica como exploratória por ter como função preencher as lacunas que apareceram durante um estudo de caso real em uma empresa do ramo de celulose. Podemos classificar como aplicada pois como foi desenvolvida no ramo de manutenção industrial. Quali-quantitativa já que foram trabalhados os aspectos de qualidade nos serviços e equipamentos, como tem como objetivo gerar um ganho financeiro.

3.2 MÉTODO PROPOSTO

Gil (2010) define pesquisa como um processo claro e organizado no desenvolvimento da metodologia científica, tendo como objetivo encontrar soluções para os problemas.

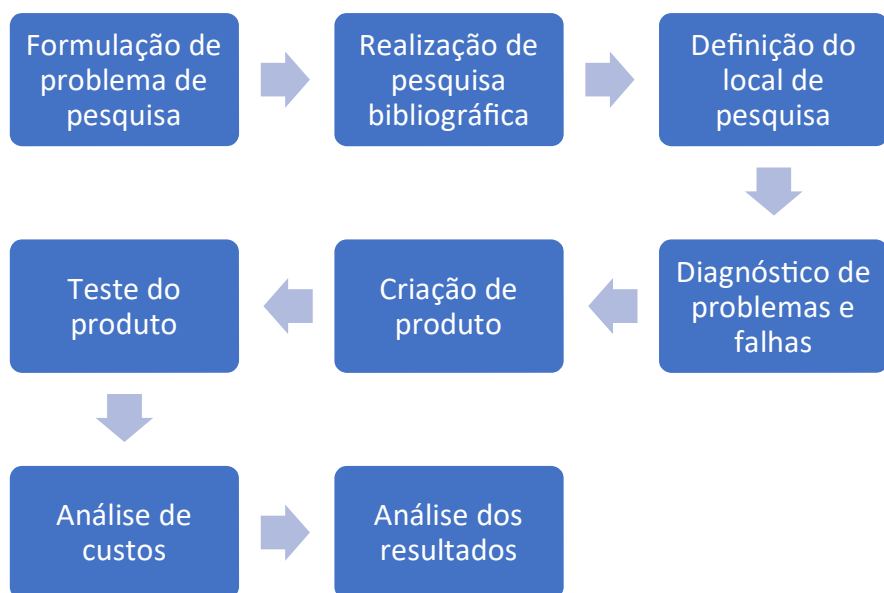
De acordo com Machado (2019), a pesquisa em manutenção tem como objetivo a busca de melhores soluções técnicas e gerenciais para o planejamento, controle e execução das atividades de manutenção de máquinas. O autor destaca que a aplicação de métodos de pesquisa, como o PDCA e o TPM, pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência e eficácia dos processos de manutenção.

Segundo Nascif (2016), a pesquisa em manutenção requer uma abordagem interdisciplinar, que envolva conhecimentos em engenharia, administração e ciências sociais. O autor enfatiza a importância da utilização de técnicas quantitativas e qualitativas, como a análise de dados estatísticos e a pesquisa de campo, para a identificação e solução de problemas em manutenção de máquinas.

Para Cunha et al. (2018), a pesquisa em manutenção deve ser baseada em um processo sistemático e estruturado, que permita a identificação das causas raiz dos problemas e a proposição de soluções adequadas. Os autores destacam a importância da utilização de ferramentas como o FMEA e o RCA, que permitem uma análise aprofundada das falhas e riscos associados às atividades de manutenção.

A pesquisa foi realizada nos locais onde as máquinas estão instaladas, nas cidades de Mossoró, Tibau, Baraúnas, Assu, Governador Dix Sept Rosado e Apodi, no ano de 2023. Os serviços de usinagem para criação dos produtos foram feitos na cidade de Mossoró, assim como a compra dos materiais. A seguir, é mostrado na Figura 4 as etapas da pesquisa:

Figura 4 – Etapas da pesquisa



Fonte; Autoria Própria (2023)

A primeira etapa consiste na formulação do problema de pesquisa, seguido da realização de pesquisa bibliográfica para entender quais seriam as ferramentas possíveis de aplicação. Depois foi definido o local da pesquisa, feito o diagnóstico dos problemas

e falhas das máquinas, a criação dos produtos, a análise de custos e as análises dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a caracterização do presente estudo de caso, fazendo uma análise geral do cenário que envolve a problemática do estudo, além da criação do modelo e aplicação do mesmo.

4.1 ESTUDO DE CASO

A empresa onde o trabalho foi realizado surgiu através de uma fusão de duas outras empresas, e atua no ramo de embalagens. A aspiração da empresa é ser o principal parceiro e fornecedor único de soluções vencedoras em embalagens para os clientes. No Brasil, a empresa possui mais de 2.200 funcionários e uma estrutura integrada com 54 mil hectares de florestas para produção das fibras, uma unidade de produção de papel e 4 plantas de conversão de papelão ondulado.

No Setor Machinery, trabalham 23 pessoas, entre gestores, apoios administrativos e os técnicos de sistema de embalagens, que atuam na área de manutenção preventiva, preditiva e corretiva de diversas máquinas hoje aplicadas no mercado de celulose, especificadamente ramo de papelão ondulado.

Este trabalho se concentra nos estados do norte e nordeste do país, onde tem-se 32 máquinas nos estados do Ceará, Paraíba, Piauí, Rio grande do Norte e Pará, com máquinas destinadas a transformar folhas de papelão ondulado em caixas prontas para indústrias de diversos ramos, entre eles, fruticultura e alimentícios em geral. A maioria das máquinas são do mesmo fabricante 1500 (Figura 5), mas também temos na região duas máquinas de outro fabricante.

Figura 5 – Modelo de máquina do estudo



Fonte: Autoria Própria (2023)

As máquinas são muito utilizadas nos processos de embalagem de frutas. No período da pesquisa a maioria das fazendas de frutas entraram no período de entre safra, momento em que elas param suas atividades e se iniciam os trabalhos de manutenções preventivas, em que se pode colocar em prática, ideias de reduções de custos e melhorias de processos, como também pesquisas de novos fornecedores de materiais de manutenção (barateando os custos inerentes a manutenção preventiva por máquina).

A empresa incentiva esses tipos de ações, inclusive existe um programa interno denominado “Fábrica de soluções”, que se trata de várias pessoas que podem em conjunto executar ações que resultem em soluções de melhoria para processos, produtos e atividades da empresa. Na região de Mossoró/RN, existem três técnicos, e em conjunto tenta-se encontrar as melhores alternativas para melhorar os custos de manutenções que executadas, e com isso se apresentam os resultados para os gestores, caso aprovado, alguns também serão aplicados nas demais regiões com semelhanças nos processos.

Nas atividades diárias estão os preenchimentos de formulários de gestão de controle da pandemia de COVID-19, preenchimento de APR (análises preliminares de riscos) para cada atividade executada no dia, preenchimento de OS (ordens de serviços) através de aplicativo específico da empresa. Tem-se uma participação ativa, tanto na implantação e melhorias desses procedimentos, sistemas e aplicativos, mediante sugestões para que os mesmos se adéquem cada vez mais com a realidade atual. Nas reuniões semanais além de se debaterem situações inerentes as tarefas diárias, também se recebem orientações sobre programas da empresa, segurança do trabalho e código de conduta da empresa.

4.2 O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CAIXAS

O processo de formação de caixas tem basicamente dois tipos usuais no mercado, o que utiliza montagem manual, onde as folhas de papelão ondulado são dobradas e formadas por pessoas, e o processo de montagem por máquinas formadoras de caixas, que será o abordado neste estudo de caso.

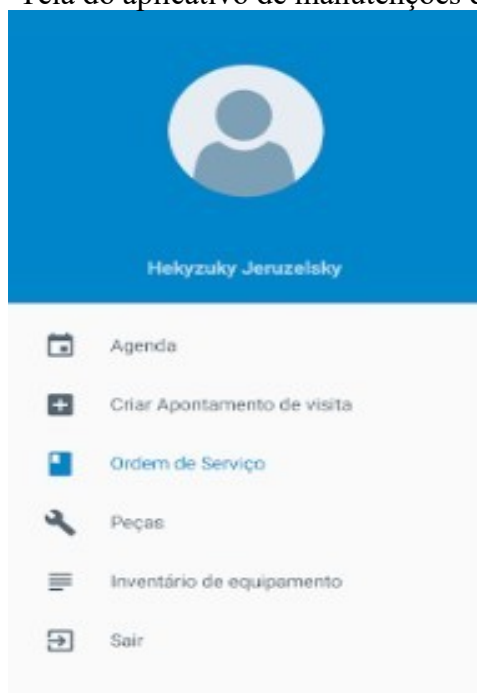
Na montagem assistida por máquinas existem vários fornecedores de máquinas para diversos tipos e modelos de caixas de papelão, mas basicamente todos os fabricantes utilizam etapas padrões no funcionamento das máquinas.

A princípio as folhas de papelão são inseridas na máquina, essas folhas são inseridas uma a uma ao processo da máquina, em seguida se faz necessário a aplicação de cola quente nos locais de dobraduras, com isso as folhas chegam no túnel de formação, onde existem prensas, que em sua maioria é feito por cilindros pneumáticos para fazer todas as dobras necessárias para a formação das caixas de papelão.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS E FALHAS

O estudo de caso foi realizado por análise dos dados de um ano de uma planilha eletrônica dos todas as OS (ordens de serviços), gerados pelo aplicativo de chamados de manutenção da empresa (Figura 6). Na planilha todos os dados foram classificados e separados por categorias, dessa forma será possível relacionar as causas de defeitos que estão vinculados a problemas pneumáticos, que por sua vez impactará no uso de kits de reparos pneumáticos.

Figura 6 – Tela do aplicativo de manutenções da empresa



Fonte: Aplicativo chamados de manutenção (2023)

No aplicativo cada chamado de manutenção é aberto com um defeito principal, que pode ser somente um, ou ter vários problemas, entretanto nesta versão do App somente podemos classificar somente com um problema principal.

Desta forma podemos ter um número de chamados relacionados dos problemas pneumáticos sob notificados, vedo que, caso o problema inicial não seja relacionado na abertura, mas o técnico responsável venha a ver a necessidade de intervir também em problemas pneumáticos também.

Na Tabela 1, estão os serviços selecionados por tipos de problemas na abertura do chamado com suas respectivas quantidades de chamados atendidos pela equipe da unidade de Mossoró/RN.

Tabela 1 – Problemas encontrados

Problemas	Quantidades
Anormalidade na embalagem	1
Falha no compressor	39
Falha elétrica	30
Falha na formação/prensa na embalagem	117
Falha no elevador/esteira	49
Falha no arrastador da embalagem	27
Falha no coleiro	22
Falta de ajustes no equipamento - Operação	13
Oscilação de tensão elétrica	5
Preventiva	32
Retrofit	1

Visita de Rotina	4
Total	340

Fonte: Autoria Própria (2023)

Mediante a experiência da equipe, foram relacionados os tipos de problemas que será necessário uma provável troca de kits de reparos de cilindros, pois os mesmos envolvem defeitos pneumáticos. Usando esses dados em um gráfico tentando verificar os devidos percentuais de incidência de cada problema. Será visto que o diagrama de Pareto será a base para a indicação dos principais problemas a ser focado.

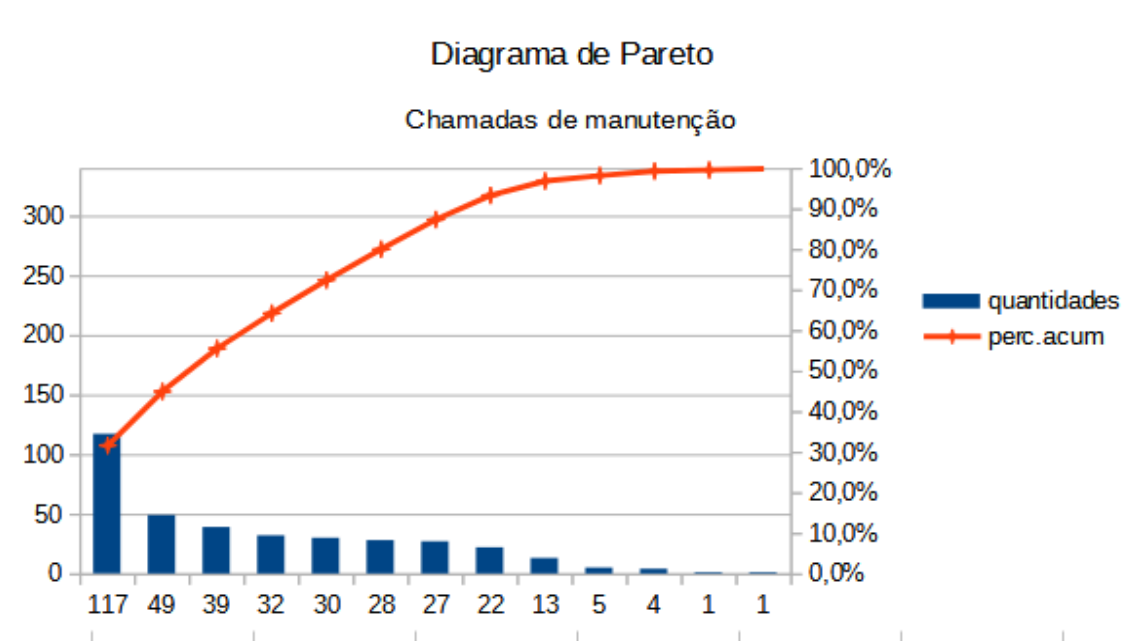
Tabela 2 – Dados de falhas nas manutenções

Problema	Quantidades	% Acum.	%
Falha na formação/prensa da embalagem	117	31,8%	31,8%
Falha no elevador/esteira	49	45,1%	13,3%
Falha compressor	39	55,7%	10,6%
Preventiva	32	64,4%	8,7%
Falha elétrica	30	72,6%	8,2%
Falhas em ventosas	28	80,2%	7,6%
Falha no arrastador da embalagem	27	87,5%	7,3%
Falha no coleiro	22	93,5%	6,0%
Falta de ajustes no equipamento – operação	13	97,0	3,5%
Oscilação de tensão elétrica	5	98,4%	1,4%
Visita de rotina	4	99,5%	1,1%
Anormalidade na embalagem	1	99,7%	0,3%
Retrofit	1	100%	0,3%
Total	368		

Fonte: Autoria Própria (2023)

A partir dos dados da Tabela 2, foi criado o gráfico de Pareto que pode ser visto na Figura 7:

Figura 7 – Diagrama de Pareto



Fonte: Autoria Própria (2023)

Foi analisado que dos seis itens que no acumulado atinge 80,2% dos chamados, cinco estão relacionados com problemas pneumáticos, confirmando que os sistemas pneumáticos são um ponto a ser priorizado para reduzir os custos de manutenções.

Será considerado problemas com relação com problemas pneumáticos os seguintes:

- Falha na formação/prensa da embalagem
- Falha no elevador/esteira
- Preventiva
- Falha em ventosas

Esses itens acumulam 61,41% de todos os problemas anuais da região.

Como deverá ser em consideração que o sistema pneumático é extremamente importante para o funcionamento dessa máquina, e como a ideia deste trabalho foi impulsionado pela falta de peças de reposição durante a pandemia de COVID-19, os ganhos de custos são um benefício ganho pela necessidade.

4.4 CRIAÇÃO DE PRODUTOS E ANÁLISE DOS CUSTOS

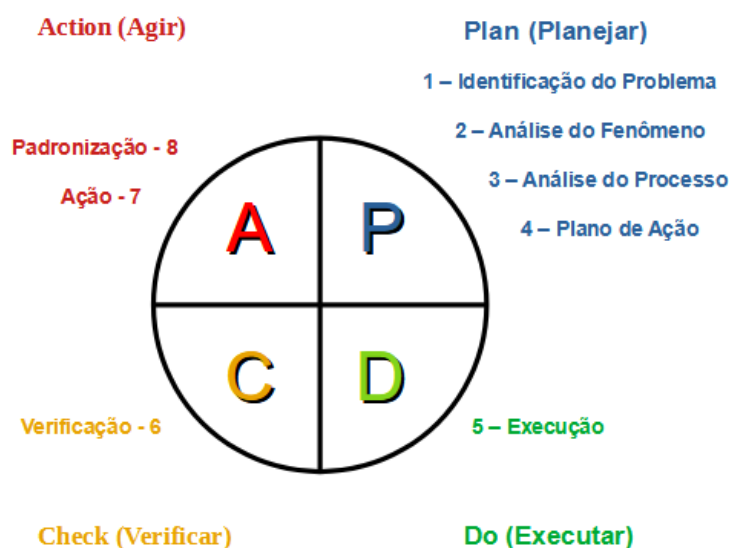
Nas manutenções preventivas ocorridas no ano podemos aplicar a todas as máquinas, a troca de alguns componentes que estávamos com dificuldade de adquirir, a maioria deles devido a pandemia, os processos de compras, principalmente as

importações foram bastante prejudicadas. Com esse cenário tivemos que procurar fornecedores locais, com fabricantes nacionais, com o objetivo de sanar as dificuldades de materiais de manutenção, mas também com foco nos custos.

Foi feita a troca de reparos pneumáticos de cilindros de 32 mm (Figura 10) e 50 mm, por peças confeccionadas por usinagens locais, com kits de reparos e gaxetas nacionais, onde a redução no primeiro ano poderá ultrapassar os 80% de economia nos custos nessas manutenções, mas que os próximos anos poderá ultrapassar os 85% de economia, mediante que não teremos mais o custo de confecção dos êmbolos, tendo somente que comprar os kits de reparos e gaxetas.

Neste projeto foi necessário o uso de conhecimentos de PDP, como também do ciclo PDCA, pois o planejamento, a execução, os controles e as análises durante todo o processo foi essencial para os retornos satisfatórios desta aplicação. Na Figura 8 pode ser visto o ciclo PDCA aplicado:

Figura 8 – Ciclo PDCA



Fonte: Autoria Própria (2023)

Os cilindros em questão mostram três situações bem distintas, pois temos nove cilindros de 32mm que não necessitam de envio de sinal, logo não necessita de magnético no seu embolo. Dois cilindros de 32mm que necessitam de envio de sinal magnético e por fim dois cilindros de 50mm que não necessitam de sinal magnético.

O Kit de reparos original (que é importado pela empresa) pode ser visto na Figura 9:

Figura 9 – Kit reparo original



Fonte: Autoria Própria (2023)

Considerando o kit original mostrado na Figura 9, fez-se necessário criar três produtos que foram batizados de:

- Embolo Mos-S32. A peça pode ser vista na Figura 10:

Figura 10 - Embolo Mos-S32



Fonte: Autoria Própria (2023)

- Embolo Mos-M32. A peça pode ser vista na Figura 11:

Figura 11 - Embolo Mos-M32



Fonte: Autoria Própria (2023)

- Embolo Mos-S50. A peça pode ser vista na Figura 12:

Figura 12 - Embolo Mos-S50



Fonte: Autoria Própria (2023)

Com a ideia e o planejamento, foi necessário a busca de fornecedores locais que pudessem executar todo o plano. Mediante a aprovação da supervisão, como solução de um problema urgente, todo o plano foi tratado como de alta prioridade.

No mercado local foi encontrado reparos nacionais de usos pneumáticos genéricos, mas que obedecem a todas as normas de segurança e fabricação da ABNT. Estes Kits são comercializados por R\$ 50,00 o kit de 32 mm e R\$ 70,00 o de 50mm, que são compostos por 01 gaxeta superior, 02 raspadores e 02 amortecedores (Figura 9).

Nas usinagens locais foi apresentado o esboço com desenhos e medidas para execução do projeto, e atualmente os preços para a execução das peças podem ser vistos na Tabela 3:

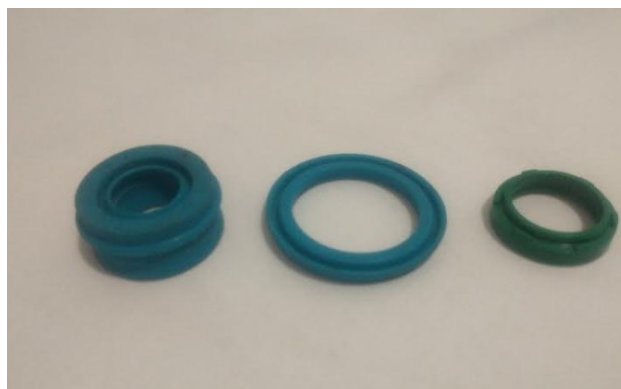
Tabela 3 – Preços para a execução das peças

Embolo Mos-S32	
Embolo	R\$38,00
Kit Reparo	R\$50,00
TOTAL	RS88,00
Embolo Mos-M32	
Embolo	R\$35,00
Serviço de usinagem do magnético	R\$30,00
Kit reparo	R\$50,00
TOTAL	RS115,00
Embolo Mos-S50	
Embolo	R\$50,00
Kit Reparo	R\$70,00
TOTAL	RS120,00

Fonte; Autoria Própria (2023)

O Kit reparo utilizado pode ser visto na Figura 13:

Figura 13 – Kit reparo 32mm nacional



Fonte: Autoria Própria (2023)

Os custos anuais podem ser vistos na Tabela 4:

Tabela 4 – Custos anuais de confecção e reparos

Produtos	Peças	Valor	Total (1º ano)	Total (2º ano)
Embolo Mos-S32	Embolo	R\$ 38,00	R\$ 88,00	R\$ 50,00
	Kit reparo	R\$ 50,00		
Embolo Mos-M32	Embolo	R\$ 30,00	R\$ 115,00	R\$ 50,00
	Serviço de usinagem do magnético	R\$ 35,00		
	Kit reparo	R\$ 50,00		
Embolo Mos-S50	Embolo	R\$ 50,00	R\$ 120,00	R\$ 70,00
	Kit reparo	R\$ 70,00		

Fonte: Autoria Própria (2023)

Para exemplificar mesmo a economia deste trabalho, logo abaixo está a tabela 5, comparativa dos custos com peças originais, com os dados dos custos com as peças confeccionadas:

Tabela 5 – Análise de custos por máquina

	Cilindro M de 32mm	Cilindro S de 32mm	Cilindro de 50mm
R\$ Original	R\$ 483,95	R\$ 484,95	R\$ 653,18
R\$ Subst. Ano 1	R\$ 88,00	R\$ 115,00	R\$ 120,00
R\$ Subst. Ano 2	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 70,00
Economia R\$ Ano 1	R\$ 395,95	R\$ 369,95	R\$ 533,18
Economia R\$ Ano 2	R\$ 433,95	R\$ 434,95	R\$ 583,18
Economia % Ano 1	81,82%	76,29%	81,63%
Economia % Ano 1	89,67%	89,69%	89,28%

Fonte: Autoria Própria (2023)

Os valores na tabela de redução de custos são valores unitários, como cada máquina tem vários cilindros, temos que multiplicar por quantidades por máquina, como também pela quantidade de máquinas nos diversos clientes.

Cada máquina possui:

- 09 cilindros de 32 mm sem o magnético.
- 02 cilindros de 32 mm com o magnético.
- 02 cilindros de 50 mm sem o magnético.

Assim, os custos totais podem ser vistos na Tabela 6:

Tabela 6 – Custos Totais

	Cilindro M de 32mm	Cilindro S de 32mm	Cilindro de 50mm	01 máquina	32 máquinas
R\$ Original	R\$ 3.871,60	R\$ 969,90	R\$ 1.306,36	R\$ 6.147,86	R\$ 269.571,84
R\$ Subst. Ano 1	R\$ 704,00	R\$ 230,00	R\$ 240,00	R\$ 1.174,00	R\$ 52.608,00
R\$ Subst. Ano 2	R\$ 400,00	R\$ 100,00	R\$ 140,00	R\$ 640,00	R\$ 28.160,00
Economia R\$ Ano 1	R\$ 3.167,60	R\$ 739,90	R\$ 1.066,36	R\$ 4.973,86	R\$ 216.963,84
Economia R\$ Ano 2	R\$ 3.471,60	R\$ 869,90	R\$ 1.166,36	R\$ 5.507,86	R\$ 241.411,84

Fonte: Autoria Própria (2023)

Se antigamente era gasto R\$ 6.147,86 por máquina, no primeiro ano houve uma economia de R\$ 4.973,86, com essa economia aumentando nos anos posteriores, já que não necessitaremos refazer a confecção dos êmbolos metálicos, e com isso a economia anual será de R\$ 5.507,86 por máquina.

No primeiro ano de implementação dessas medidas, os resultados foram impressionantes. A empresa conseguiu obter uma redução total de custos na manutenção de aproximadamente 216.963,64 reais. Essa economia significativa foi possível graças à racionalização dos recursos, à melhoria dos processos de compra e à eficiência das práticas adotadas. Com os números em mãos, a empresa comprovou a eficácia das estratégias implementadas.

No entanto, as vantagens não se restringem apenas ao primeiro ano. A partir do segundo ano, a projeção é de que a economia alcance o montante de 241.411,84 reais. Isso demonstra que as ações adotadas não são apenas pontuais, mas sim um investimento contínuo que trará benefícios financeiros expressivos no longo prazo.

Além dos ganhos financeiros, a aplicação de reduções de custos em manutenções traz outros benefícios para as empresas. Ela permite uma maior previsibilidade financeira, facilita a tomada de decisões estratégicas, melhora a confiabilidade dos ativos e contribui para a melhoria da qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

Com essa etapa fechamos a aplicação da ferramenta 5W2H, onde teremos:

- 5 W:
 - *What* (o que será feito?);
 - Criação de peças de reposição de cilindros pneumáticos de 32 e 50mm para uso nas manutenções de máquinas formadoras de caixas de papelão.
 - *Why* (por que será feito?);
 - Devido à dificuldade no fornecimento de peças originais que são importadas.
 - *Where* (onde será feito?);
 - Na cidade de Mossoró/RN.
 - *When* (quando?);
 - De imediato
 - *Who* (por quem será feito?);

- Em oficinas de usinagens será confeccionado os êmbolos e nas lojas de manutenções serão comprados gaxetas, amortecedores e reparos raspadores.
- 2H:
 - *How* (como será feito?);
 - Será providenciado para cada máquina kits específicos, contendo os seguintes itens: 09 cilindros de 32 mm sem o magnético (Mos-S32), 02 cilindros de 32 mm com os magnéticos (Mos-M32) e 02 cilindros de 50 mm sem o magnético (Mos-S50).
 - *How much* (quanto vai custar?).
 - No primeiro ano será investido R\$ 1.174,00 por máquina, e nos anos posteriores será investido nas manutenções R\$ 640,00, pois não necessitará fazer novas confecções de êmbolos, gerando uma economia por máquina no primeiro ano de R\$ 4.973,86, e nos anos seguintes de R\$ 5.507,86.
 - Nas 32 máquinas da responsabilidade desta equipe foi economizado no primeiro ano o equivalente a R\$ 216.963,84, e nos anos posteriores estão sendo economizados o valor de R\$ 241.411,84.

4.5 PONTOS DE MELHORIAS

Como se trata de um projeto de redução de custos com desenvolvimento de produtos, é bastante normal que exista testes, resultados não satisfatórios, como também evoluções dos projetos iniciais.

No embolo Mos-M32 atualmente está na versão 2, pois foi visto que, como necessita do sinal magnético, no interior do embolo era colocado um anel magnético, entretanto quando o mesmo estava em operação, foi visto que ele poderia quebra, pois apresentava ser muito frágil, gerando retrabalhos. A segunda versão do embolo MOS-M32 pode ser vista na Figura 14;

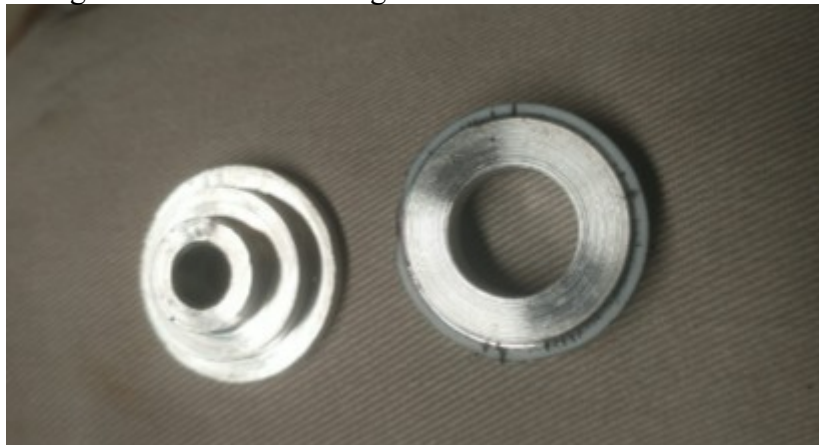
Figura 14 – Segunda versão embolo MOS-M32



Fonte: Autoria Própria (2023)

Usando as técnicas PDCA, o ciclo teve que retornar para o planejamento, encontrando uma maneira de ter uma melhor proteção para o magnético, gerando a versão 2 do Mos-M32, exibida na Figura 15:

Figura 15 – Detalhe da segunda versão embolo MOS-M32



Fonte: Autoria Própria (2023)

As modificações foram pontuais, usando as mesmas da versão 1, mas no processo de usinagem foi solicitado que a camada de proteção do magnético não fosse removida.

Todas as peças instaladas têm se comportado perfeitamente, não tendo retrabalhos ou reclamações de defeitos no funcionamento até o momento.

Já no Embolo Mos-S50 foi visto que para uso de montagens de caixas muito grandes, como as utilizadas para melancias, apresentou um problema de curso no cilindro de 50 mm, pois o embolo confeccionado tem quase o dobro da espessura do original (Figura 16).

Figura 16 – Comparação de altura dos reparos de 50 mm



Fonte: Autoria Própria (2023)

Neste caso esse modelo já está em novo planejamento, e a versão 2 do Mos-S50 também será necessário, pois o reparo original tem que ser usado em alguns clientes.

A análise de custos proporcionou uma visão detalhada dos gastos envolvidos e ajudou a orientar a tomada de decisões. O ciclo PDCA permitiu um processo contínuo de planejamento, implementação, verificação e ação corretiva. A engenharia da produção trouxe uma abordagem sistemática para otimizar processos e recursos, impulsionando a eficiência operacional.

Todos os resultados serão apresentados para a gestão da empresa, com o intuito de difundir as boas práticas alcançadas, como também as economias obtidas neste processo, vendo que estes equipamentos são utilizados em todo o país, assim reduzir os custos nas demais áreas de atuação da equipe de manutenção Machinery. Todas as ações são mediante testes, experimentos práticos, respeitando as características físicas de resistência dos materiais, utilizando conhecimentos técnicos e normas vigentes.

Com esta experiência é possível verificar a aplicação de melhorias contínuas nos processos, associados a melhoria da qualidade dos serviços executados, como também a melhoria na qualidade do atendimento dos clientes, com foco na segurança do trabalho e redução de custos. Podendo salientar a importância do estudo para que a empresa permaneça bem-conceituada com princípios sólidos e com valorização dos seus funcionários, clientes, investidores fornecedores e comunidade em geral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Neste trabalho, abordamos a implementação de estratégias de redução de custos na manutenção de máquinas formadoras de caixas de papelão ondulado, empregando técnicas como o PDP (Planejamento e Desenvolvimento de Produto), o Diagrama de Pareto, o Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) e análise de custos. Durante o estudo, identificamos que a aplicação dessas abordagens pode trazer benefícios significativos tanto em termos financeiros quanto operacionais.

Ao utilizar o PDP, foi possível estabelecer um plano de ação claro e detalhado para a redução de custos na manutenção das máquinas formadoras de caixas de papelão ondulado. Isso envolveu a definição de metas, a identificação de processos críticos e a criação de um cronograma de implementação. Essa metodologia estruturada permitiu uma abordagem sistemática para alcançar os resultados desejados.

O Diagrama de Pareto mostrou-se uma ferramenta valiosa para identificar e priorizar as principais causas de falhas e problemas de manutenção. Com base na análise dos dados coletados, pudemos concentrar nossos esforços nas áreas com maior impacto na eficiência e nos custos. Isso nos ajudou a direcionar recursos e esforços para solucionar as principais fontes de desperdício e retrabalho, resultando em melhorias significativas no desempenho da manutenção.

A aplicação do Ciclo PDCA foi fundamental para garantir a melhoria contínua e sustentável no processo de manutenção das máquinas formadoras de caixas de papelão ondulado. Por meio do planejamento, execução, verificação e ação corretiva, pudemos monitorar os resultados das estratégias implementadas, identificar desvios e ajustar as abordagens conforme necessário. Essa abordagem cíclica nos permitiu adaptar e otimizar constantemente nossas iniciativas, buscando a excelência operacional.

A análise de custos desempenhou um papel essencial na avaliação dos impactos financeiros das mudanças implementadas na manutenção das máquinas formadoras de caixas de papelão ondulado. Ao considerar os custos de mão de obra, materiais e tempo de inatividade, pudemos quantificar os benefícios econômicos alcançados por meio da redução de falhas, aumento da disponibilidade da máquina e melhor aproveitamento dos recursos.

Em conclusão, a implementação dessas técnicas e abordagens se mostrou altamente benéfica para a redução de custos na manutenção de máquinas. Através do PDP, Diagrama de Pareto, Ciclo PDCA e análise de custos, pudemos identificar oportunidades de melhoria, priorizar ações, promover a melhoria contínua e alcançar resultados financeiros positivos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros a expansão desta pesquisa para outros estados em que a empresa atua, para verificação e análise de outros tipos de problemas de manutenção que possam ocorrer.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462:Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial** - Princípios Técnicos e Operações. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2016. E-book. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519807/>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. [Digite o Local da Editora]: Editora Blucher, 2011. E-book. ISBN 9788521214380. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521214380/>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- CUNHA, José Carlos Pereira da; OLIVEIRA, Márcio Flávio de; TEIXEIRA, Gustavo Machado. **Análise de falhas em manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- FRANKLIN, Y.; NUSS, L. F. **Ferramenta de Gerenciamento**, 2006. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/465_PA_FerramentadeGerenciamento02.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- JURAN, Joseph M. **Juran's quality handbook**. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
- KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de marketing**. Tradução Cristina Yamagami; revisão técnica Dilson Gabriel dos Santos. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice, 2007.
- MACHADO, Rafael Carvalho. **Manutenção: a pesquisa como base para a gestão**. São Paulo: Blucher, 2019.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Fundamentos de estatística**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- MOREIRA, Maria Alice; FERREIRA, André. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Juruá, 2021.
- MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade** São Paulo: Ed. SPES Engenharia de Sistemas Ltda, 2000. Tradução de Kleber Siqueira. 426 p.
- NASCIF, Julio Abreu. **Engenharia de manutenção: gestão, técnicas e métodos**. São Paulo: Erica, 2016.

NUNES, E. L. Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada, Florianópolis, 2001. 146 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROMEIRO FILHO, E. (Coord). **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

SANTOS, Sérgio Luiz dos. **Pesquisa-ação em manutenção**: uma metodologia para a gestão do conhecimento. São Paulo: Atlas, 2015.

SILVA, João. **Ferramentas diagnósticas para manutenção preditiva em sistemas industriais**. Revista de Engenharia Industrial, v. 15, n. 2, p. 45-61, 2020.

SLACK, N. CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Tradução de Mara Teres a Corrêa de Oliveira; Fabio Alher; revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.