

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO  
ENGENHARIA MECÂNICA

PEDRO VICTOR OLIVEIRA SOUZA

**ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA DE  
REPAROS DOS CILINDROS DE EMPILHADEIRAS COMPARADO COM PARADA  
NÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO**

GOIÂNIA-GO

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar o produto final, o autor e o orientador firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

### 1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome completo do autor: Pedro Victor Oliveira Souza

Título do trabalho: Análise de custos de manutenção preventiva/preditiva de reparos dos cilindros de empilhadeiras comparado com parada não programada: Estudo de caso

### 2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [ X ] SIM [ ] NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

#### Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

**Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Kleber Mendes De Figueiredo, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2024, às 18:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Victor Oliveira Souza, Discente**, em 18/12/2024, às 19:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5052738** e o código CRC **FBEFCF93**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.046934/2024-45

SEI nº 5052738

PEDRO VICTOR OLIVEIRA SOUZA

**ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA DE  
REPAROS DOS CILINDROS DE EMPILHADEIRAS COMPARADO COM PARADA  
NÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Goiás (UFG), como exigência à conclusão da disciplina de Projeto Final de Curso e obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica. Orientador: Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo (UFG)

Orientador: Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo

GOIÂNIA - GO

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Pedro Victor Oliveira

Análise de Custos de Manutenção Preventiva/Preditiva de Reparos dos Cilindros de Empilhadeiras Comparado com Parada Não Programada: Estudo de Caso [manuscrito] / Pedro Victor Oliveira Souza. - 2024.

42 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), Engenharia Mecânica, Goiânia, 2024.

Bibliografia.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Empilhadeira . 2. Manutenção. 3. Cilindro hidráulico. 4. Kit de reparos. I. Figueiredo, Kléber Mendes de , orient. II. Título.

CDU 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dezesseis dias do mês de dezembro do ano de 2024 iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA DE REPAROS DOS CILINDROS DE EMPILHADEIRAS COMPARADO COM PARADA NÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO”, de autoria de PEDRO VICTOR OLIVEIRA SOUZA, do curso de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo orientador, Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo (EMC/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. Ademyr Gonçalves de Oliveira – UFG e Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca – UFG. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 7,8, tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Kleber Mendes De Figueiredo, Professor do Magistério Superior**, em 16/12/2024, às 10:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joao Paulo Da Silva Fonseca, Professor do Magistério Superior**, em 16/12/2024, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ademyr Goncalves De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 17/12/2024, às 20:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5042012** e o código CRC **D4F003CC**.

PEDRO VICTOR OLIVEIRA SOUZA

ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA DE  
REPAROS DOS CILINDROS DE EMPILHADEIRAS COMPARADO COM PARADA  
NÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada à Universidade Federal de Goiás (UFG), como exigência à  
conclusão da disciplina de Projeto Final de Curso e obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Mecânica

Goiânia, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo – UFG  
Orientador

---

Prof. Dr. Ademyr Gonçalves de Oliveira – UFG  
Avaliador

---

Prof. Dr. João Paulo da Silva Fonseca – UFG  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho à minha mãe Betania, por colocar minha educação acima de tudo e ser o motivo de eu ter chegado até aqui.

Agradeço à minha avó Iolanda por ter sido minha segunda mãe e sempre ter dado seu melhor para cuidar de mim.

Aos meus professores da Engenharia Mecânica, especialmente ao Prof. Kléber por me dar orientação e apoio neste trabalho.

À minha namorada Rafaela por sempre confiar e acreditar em mim, especialmente quando duvidei de mim mesmo.

Por fim, agradeço ao Bruno, Gabriel, João, Luan, Rafael e Vitor por serem exemplos de companheirismo durante toda a caminhada acadêmica.

"Nós somos mais do que as partes que nos formam."  
— Patrick Rothfuss.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso se propõe a fazer uma análise de custos da troca do kit de reparo dos cilindros de empilhadeira de uma empresa de locação de empilhadeiras. Os valores comparados são referentes ao modelo atual de manutenção corretiva com o modelo proposto de manutenção preventiva/preditiva, analisando os custos de hora técnica, deslocamento e material para realização da manutenção. Os resultados obtidos mostraram uma redução de custos de 30% quando utilizado a estratégia de manutenção preventiva ao invés da manutenção corretiva, além de definir a praticidade da implementação preventiva sobre a preditiva baseado no caráter de negócios da empresa em estudo.

Palavras-chave: empilhadeira; manutenção; cilindro hidráulico; kit de reparos.

## **ABSTRACT**

This work aims to conduct a cost analysis of replacing the set of seals for the forklift cylinders of a forklift rental company. The compared values refer to the current corrective maintenance model and the proposed preventive/predictive maintenance model, analyzing the costs of labor hours, transportation, and materials for maintenance. The results showed a 30% cost reduction when using the preventive maintenance strategy instead of corrective maintenance, in addition to determining the practicality of implementing preventive maintenance over predictive maintenance based on the business nature of the company under study.

Keywords: forklift, maintenance, hydraulic cylinder, set of seals.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução das técnicas de manutenção.....	11
Figura 2 – Gráfico da Manutenção Corretiva Não Planejada.....	14
Figura 3 – Diagrama comparativo entre manutenção preventiva e corretiva.....	15
Figura 4 – Gráfico da Manutenção Preventiva.....	16
Figura 5 – Monitoramento térmico de um motor elétrico.....	17
Figura 6 – Gráfico da Manutenção Preditiva.....	18
Figura 7 – Comparativo de custo de reparo de cada estratégia de manutenção.....	19
Figura 8 – Gráfico custo de manutenção por tipo.....	20
Quadro 1 – Comparativo de Custos por estratégia de manutenção.....	21
Figura 9 – Empilhadeira Linde H-20.....	22
Figura 10 – Vista explodida cilindro de elevação da H-20.....	24
Figura 11 – Kit de reparo do cilindro de elevação da H-20.....	25
Figura 12 – Vista explodida cilindro de deslocamento da H-20.....	27
Figura 13 – Kit de reparo do cilindro de deslocamento da H-20.....	28
Figura 14 – Vista explodida cilindro de inclinação da H-20.....	29
Figura 15 – Kit de reparo do cilindro de inclinação da H-20.....	30
Figura 16 – Vista explodida cilindro de direção da H-20.....	32
Figura 17 – Kit de reparo do cilindro de direção da H-20.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de peças cilindro de elevação da H-20.....	25
Tabela 2 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de elevação.....	26
Tabela 3 – Lista de peças cilindro de deslocamento da H-20.....	27
Tabela 4 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de deslocamento.....	28
Tabela 5 – Lista de peças cilindro de inclinação da H-20.....	30
Tabela 6 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de inclinação.....	31
Tabela 7 – Lista de peças cilindro de direção da H-20.....	32
Tabela 8 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de elevação.....	33
Tabela 9 – Custos de Manutenção Corretiva.....	37
Tabela 10 – Custos de Manutenção Preventiva.....	38

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVO.....	11
1.3 ESTRUTURAÇÃO.....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 MANUTENÇÃO.....	13
2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	13
2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	15
2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	16
2.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	18
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
3.1 EQUIPAMENTO DE ESTUDO.....	22
3.2 KIT DE REPAROS DOS CILINDROS DO EQUIPAMENTO.....	23
3.2.1 CILINDRO DE ELEVAÇÃO.....	23
3.2.2 CILINDRO DE DESLOCAMENTO.....	26
3.2.3 CILINDRO DE INCLINAÇÃO.....	28
3.2.4 CILINDRO DE DIREÇÃO.....	31
3.3 MÉTODO DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	33
3.3.1 ESCOLHA DO CLIENTE PARA ANÁLISE DE CUSTOS.....	34
3.3.2 DADOS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	34
3.3.3 DADOS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	35
3.4 CUSTOS ADICIONAIS A SEREM ANALISADOS.....	35
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA.....	37
4.2 ANÁLISE DE CUSTOS INDIRETOS.....	38
4.3 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	39
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

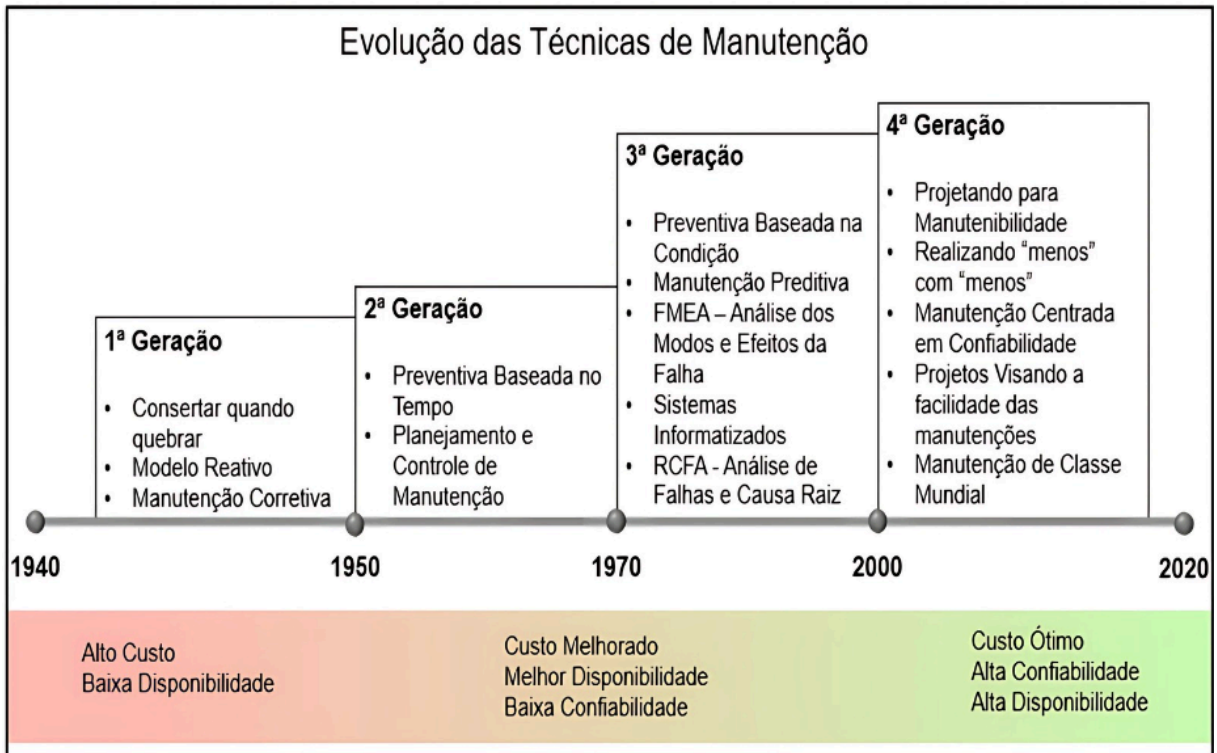
A manutenção é pilar fundamental da indústria tanto para seu funcionamento quanto para sua evolução, mesmo popularmente tendo seu início sendo remetido com à Revolução Industrial na segunda metade do século XVIII, Brugsch (1879) relata a existência de documentos que retratam a interrupção de transporte de madeira para a manutenção da embarcação responsável, em 600 a.C no Egito.

Para Kardec e Nascif (2009) a crescente da complexidade dos projetos, técnicas de manutenção mais aprimoradas e evolução dos enfoques e responsabilidades atrelados a atividade de manutenção possibilitou traçar uma linha evolutiva geracional no processo de manutenção. As gerações se dividem em quatro com suas próprias características e focos.

Kardec e Nascif (2009) definem cada uma das gerações como: A primeira geração sendo focada em manutenção corretiva não planejada, ocorrendo antes da Segunda Guerra Mundial. Na segunda geração tem-se o foco voltado para manutenção preventiva, tendo intervenções feitas com intervalos fixos, período que compreende o pós Segunda Guerra. A terceira geração, ocorrendo por sua vez após os anos 70, foi protagonizada pela manutenção preditiva, graças ao desenvolvimento de técnicas e ferramentas de monitoramento e diagnóstico para prever falhas. Por fim, a quarta geração teve início nos anos 2000 e se define pelo ampliamiento da manutenção preditiva, o desenvolvimento de métodos de análise de falhas e os projetos voltados para manutenibilidade e confiabilidade.

A evolução das técnicas de manutenção pode ser visualizada de forma sintetizada pela Figura 1, explicitando não apenas as características de cada estratégia de manutenção, como também um breve comparativo de custos.

Figura 1 – Evolução das técnicas de manutenção



Fonte: Teles (2019).

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação do presente trabalho é pautada no estudo da manutenção industrial, além de uma análise de custos de manutenção, tendo em vista a importância que este tema tem para a eficiência operacional e controle de custos que estão diretamente relacionadas a sustentabilidade e lucratividade, que por sua vez garantem um ambiente industrial competitivo e dinâmico. A empresa estudada neste trabalho arca com custos excessivos de manutenção que podem ser analisados e verificado a possibilidade de redução de custos e da manutenção corretiva, gerando maior lucro e satisfação dos clientes atendidos por ela.

## 1.2 OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são de estabelecer um modelo de manutenção preventiva/preditiva para reparos de cilindros hidráulicos de uma empresa de locação e manutenção de empilhadeiras e verificar se o modelo apresenta economia quando confrontado com o processo atual da empresa baseado na manutenção

corretiva. Para isso será analisado os custos envolvidos em cada estratégia de manutenção e verificado se há aumento ou redução destes quando confrontados.

### 1.3 ESTRUTURAÇÃO

O Capítulo 2 (Fundamentação Teórica) apresenta os principais conceitos trabalhados que envolvem toda esta pesquisa.

O Capítulo 3 (Metodologia) refere-se aos equipamentos tratados e os métodos de análise utilizados

O Capítulo 4 (Resultados) discorre sobre os resultados obtidos da análise de custos.

O Capítulo 5 (Conclusão) apresenta as principais conclusões e contribuições do trabalho, além de propostas de ampliação da pesquisa.

O Capítulo 6 (Referências) apresenta as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração deste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo irá apresentar os conceitos necessários para o bom entendimento do proposto trabalho. Será exposta tanto a conceituação dos tipos de manutenção que irão servir de referência para o estudo, quanto uma apresentação do equipamento que será o objeto de estudo principal deste trabalho.

### 2.1 MANUTENÇÃO

Branco Filho (2008), define manutenção como ações técnicas e administrativas que são destinadas a preservar o estado de um sistema ou equipamento e, quando necessário, restaurar o mesmo para seu estado original de funcionamento.

Viana (2002) defende que existem apenas dois tipos de manutenção, sendo esses a Manutenção Corretiva e a Manutenção Preventiva, porém Nepomuceno (1999), Branco Filho (2008) e Kardec e Nascif (2009) defendem a importância do estudo da Manutenção Preditiva além das duas citadas anteriormente.

#### 2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

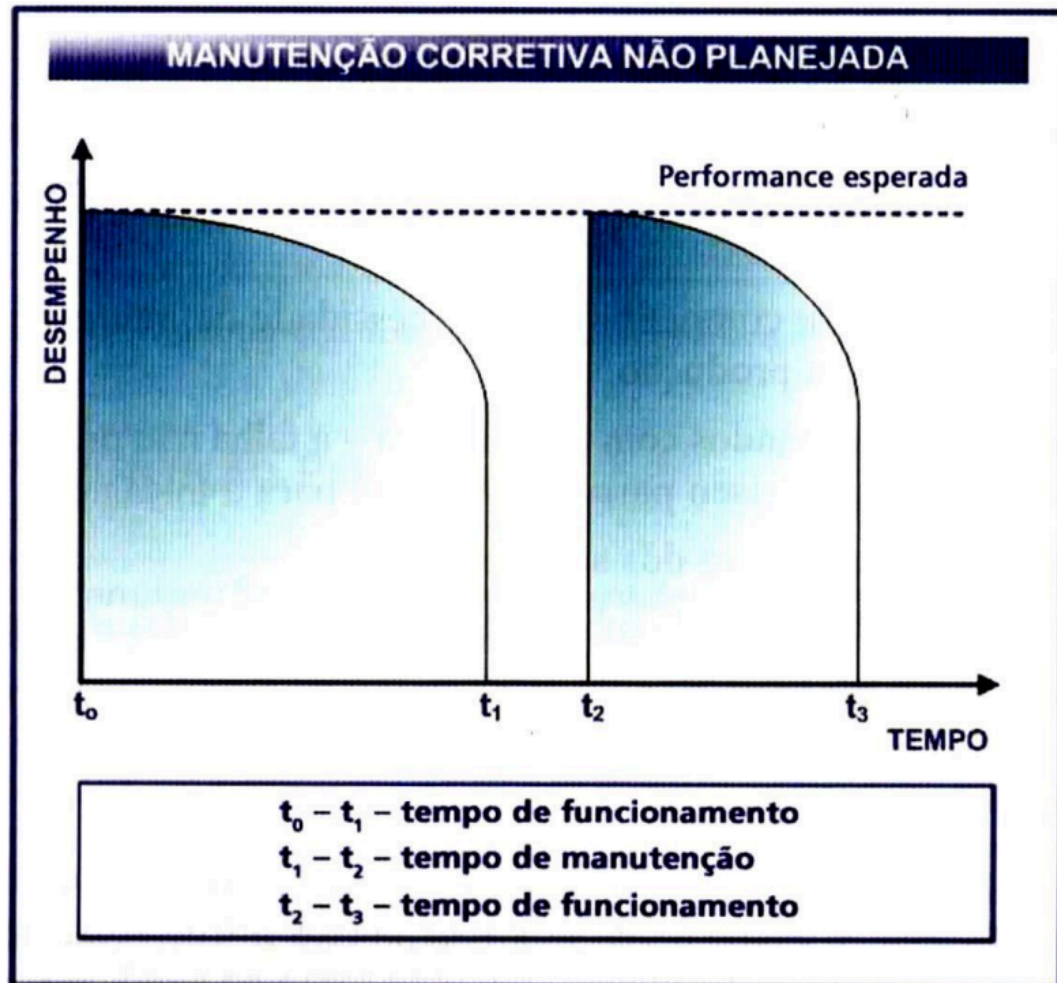
Para Kardec e Nascif (2009), manutenção corretiva não se define apenas por uma manutenção emergencial, mas sim uma intervenção feita em algum equipamento que apresente um funcionamento que foge do padrão esperado ou apresente algum defeito.

Branco Filho (2008) alerta sobre os riscos de se utilizar apenas a manutenção corretiva como estratégia de intervenção em um equipamento ou operação, tendo em vista que seu uso contínuo gera uma degradação do equipamento e/ou das instalações ocasionando perda da produtividade e riscos à operação, meio ambiente e vida humana. Nakajima (1988) atribui a eficácia dessa estratégia de manutenção apenas para equipamentos com baixa relevância para a operação.

Kardec e Nascif (2009) ainda dividem a manutenção corretiva em não planejada e planejada. A manutenção corretiva não planejada se apresenta quando a necessidade de correção do equipamento não foi esperada, sem o serviço ser preparado e planejado, devido a essa característica comumente ocorre perda da

produção resultando em altos custos devido a quebra imprevista. A Figura 2 descreve esse método de manutenção explicitando que o tempo até a falha é aleatório e o tempo de funcionamento do equipamento é menor após cada manutenção.

Figura 2 – Gráfico da Manutenção Corretiva Não Planejada



Fonte: Kardec e Nascif (2009).

“A Manutenção Corretiva Planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial”. (Kardec; Nascif, 2009, p. 41). Os autores, com essa frase, diferem a manutenção corretiva programada da não programada no quesito de identificar a falha no equipamento, porém realizar um planejamento prévio antes da intervenção, levando em consideração o impacto no processo produtivo, a gestão de recursos e o cronograma de operações, tendendo

assim a minimizar as interrupções e promover uma manutenção de forma correta e eficiente.

### 2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A NBR 5468 define manutenção preventiva como: “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.” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994, p. 7). A relação entre manutenção preventiva e corretiva em relação ao tempo médio pode ser visualizada pela Figura 3, destacando a agilidade no tempo de intervenção preventivo quando se comparado ao tempo de intervenção da manutenção corretiva.

Figura 3 – Diagrama comparativo entre manutenção preventiva e corretiva



Fonte: Adaptado de NBR 5468 (1994).

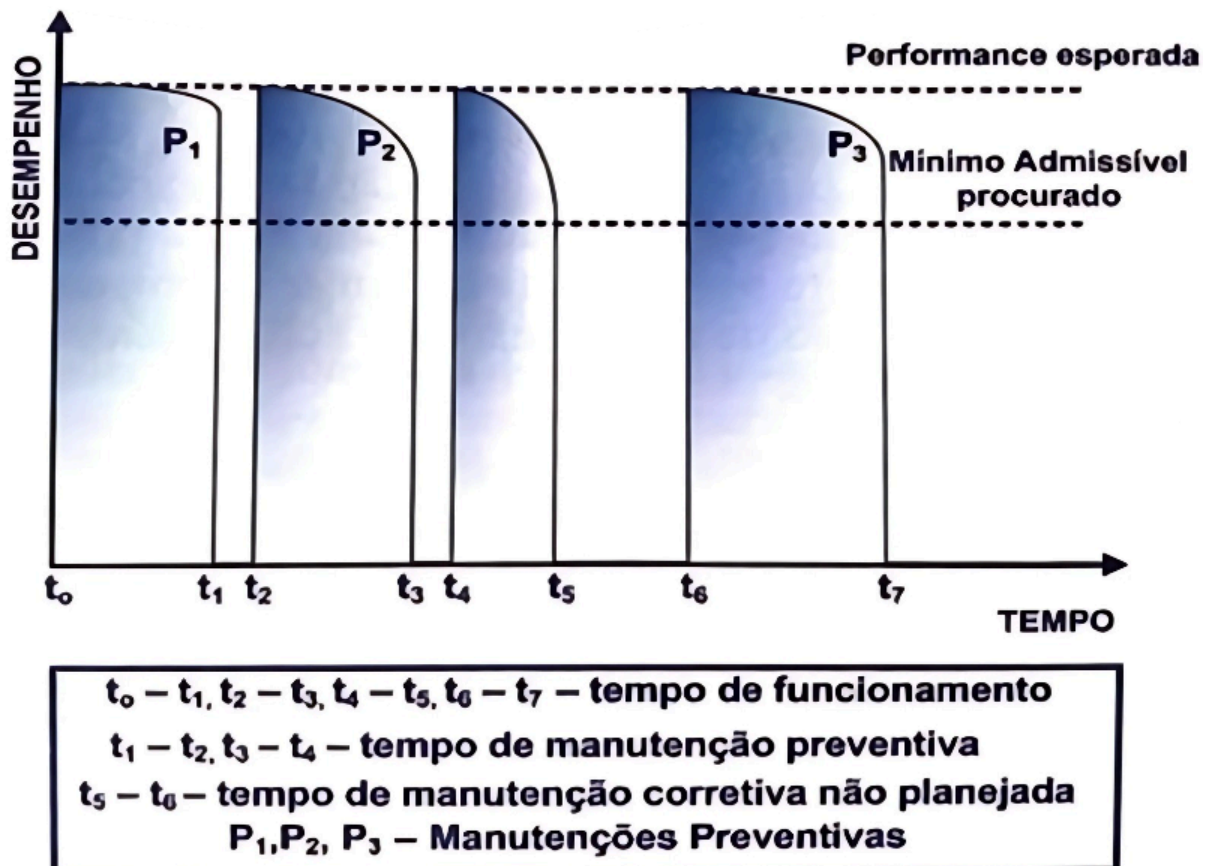
Teles (2019) deixa claro em sua análise que a manutenção preventiva é apenas eficaz em equipamentos que são condicionados a terem falhas de acordo com o tempo. Apresenta também os pontos necessários para a implantação da manutenção preventiva, sendo esses: o tempo corrido, a quantidade de horas em

atividade, o quanto de produção foi realizada e o misto que pode juntar dois ou mais pontos.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a máxima eficiência da manutenção preventiva se dá quando o sistema ou equipamento não pode ter a estratégia de manutenção preditiva adotada e seja um serviço voltado mais para a substituição de peças, com foco em um serviço mais simples de reposição.

A Figura 4 representa graficamente as curvas de manutenção preventiva, nela pode-se perceber a diferença entre o tempo de manutenção corretiva que é significativamente maior que o tempo de manutenção preventiva, além disso destaca-se a constância do tempo de funcionamento que após uma falha não planejada não diminuiu o tempo em relação aos anteriores, diferente do que foi apresentado pela Figura 2.

Figura 4 – Gráfico da Manutenção Preventiva

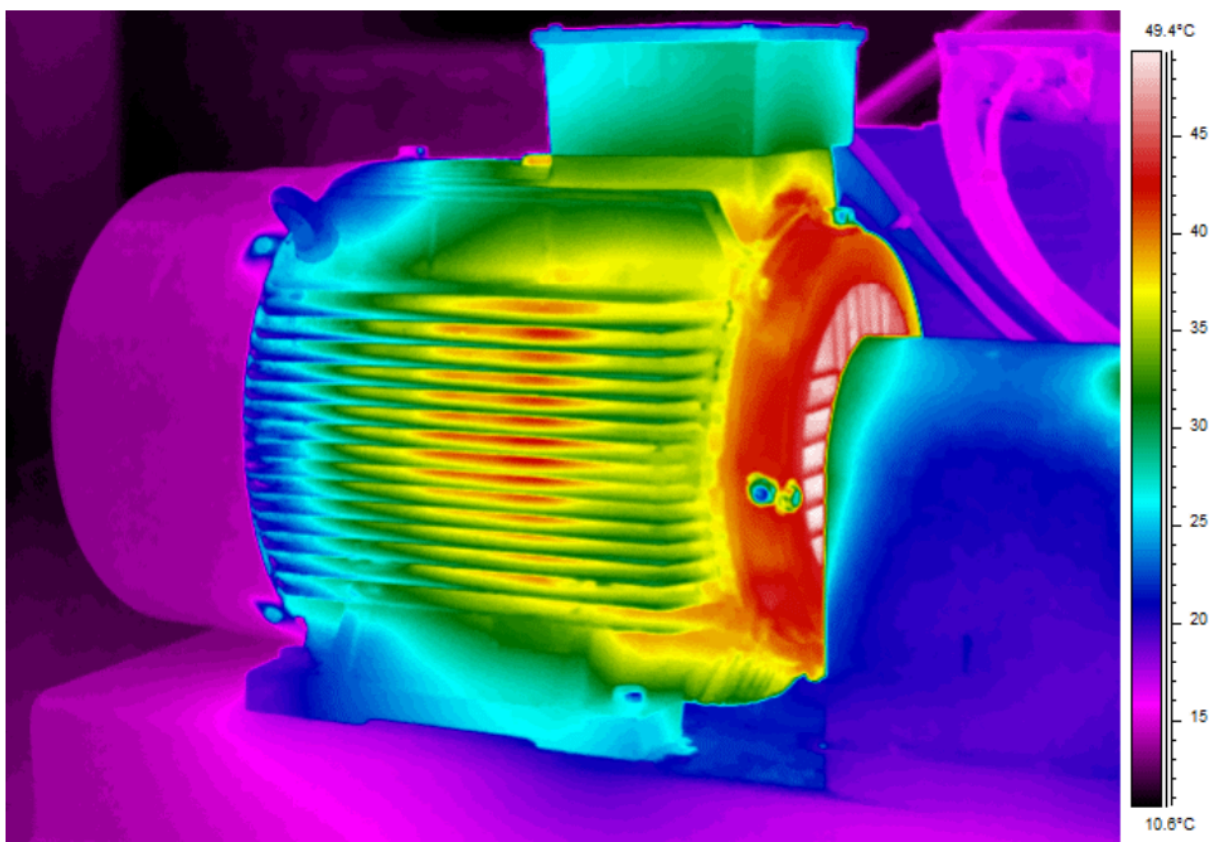


Fonte: Kardec e Nascif (2009).

### 2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Em sua obra, Nepomuceno (1999) explica que a manutenção preditiva tem a finalidade de identificar falhas em potencial através do monitoramento do padrão de funcionamento do equipamento ou sistema. Tal monitoramento pode ser aplicado a fatores como vibração e temperatura através de sensores específicos, como representado na Figura 5, onde é utilizado um sensor térmico para monitorar a temperatura de um motor elétrico.

Figura 5 – Monitoramento térmico de um motor elétrico



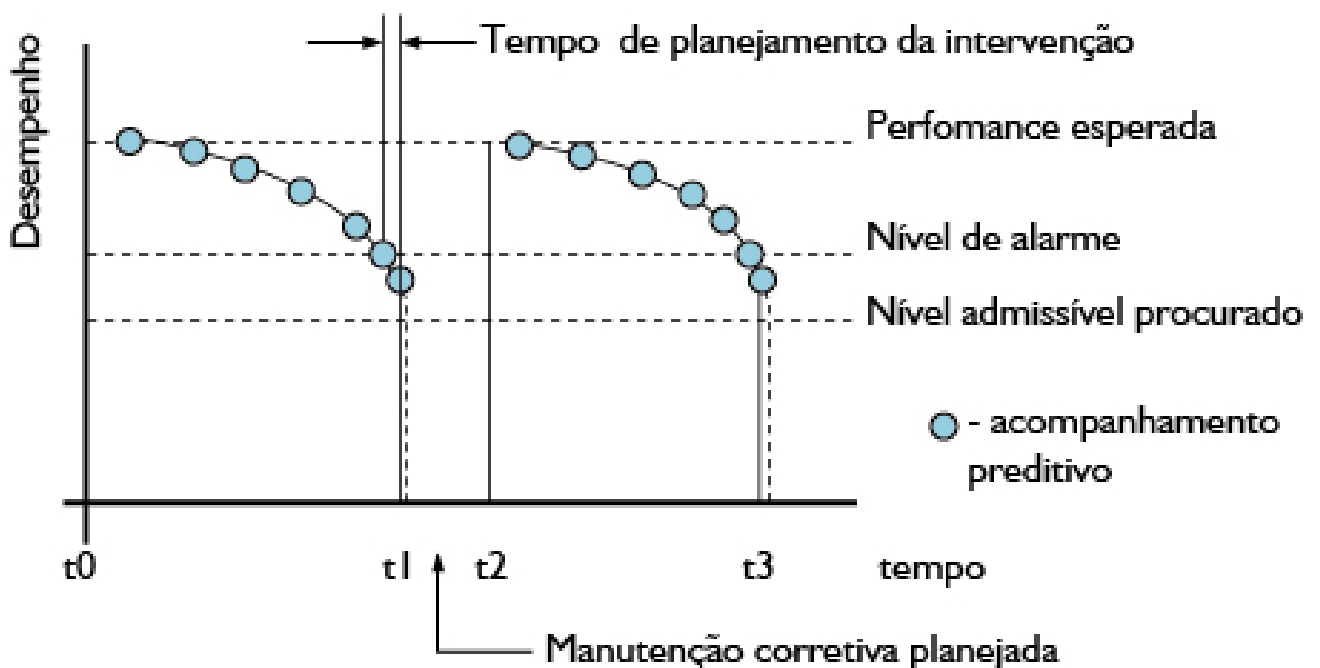
Fonte: Teles (2019).

Aplicando essa estratégia de manutenção, tem-se um melhor controle do tempo de funcionamento e determinação da manutenção do equipamento/sistema. A manutenção preditiva tem critérios que necessitam serem atendidos para sua implementação, Kardec e Nascif (2009) pontuam essas necessidades como: a possibilidade de monitoramento de um sistema/equipamento, a importância desse equipamento/sistema para merecer um investimento desses, a existência de falhas

que possam ser analisadas e monitoradas e a existência de um programa de acompanhamento de ações definido.

A Figura 6 mostra a ação da manutenção preditiva, tendo destaque pela semelhança com a Figura 2, porém tendo maior precisão nas ações de manutenção como vantagem, já que está em constante análise que permite o preparo e programação das intervenções. Cada marcação nas curvas apresenta um monitoramento e o planejamento de manutenção se inicia antes da devida intervenção. Esta estratégia possui a finalidade de garantir que o equipamento apenas sofra a manutenção no momento mais oportuno antes de se iniciar qualquer tipo de falha em relação aos parâmetros monitorados, visando uma melhor performance e menor tempo de manutenção.

Figura 6 – Gráfico da Manutenção Preditiva



Fonte: Kardec e Nascif (2009).

## 2.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

As diferentes estratégias apresentadas carregam consigo um custo inerente a cada uma. A análise detalhada de custos relacionados a operações e equipamentos será o fator fundamental para a escolha da estratégia de manutenção da empresa e a gestão de gastos e lucros. Branco Filho (2008) ressalta a necessidade de se levar em consideração não só os custos relacionados ao reparo, mas também ter consciência da perda de produção, acidentes, poluição e perda de outros recursos essenciais para a empresa.

Xavier (2005) apresenta na Figura 1 um comparativo dos custos de reparo referentes a cada estratégia de manutenção apresentada, tais custos servem de exemplo prático da diferença de custo relacionado a cada estratégia de manutenção. O autor atribui tais valores como sendo os padrões ideais a serem atingidos, tendo em vista a data da publicação de sua obra.

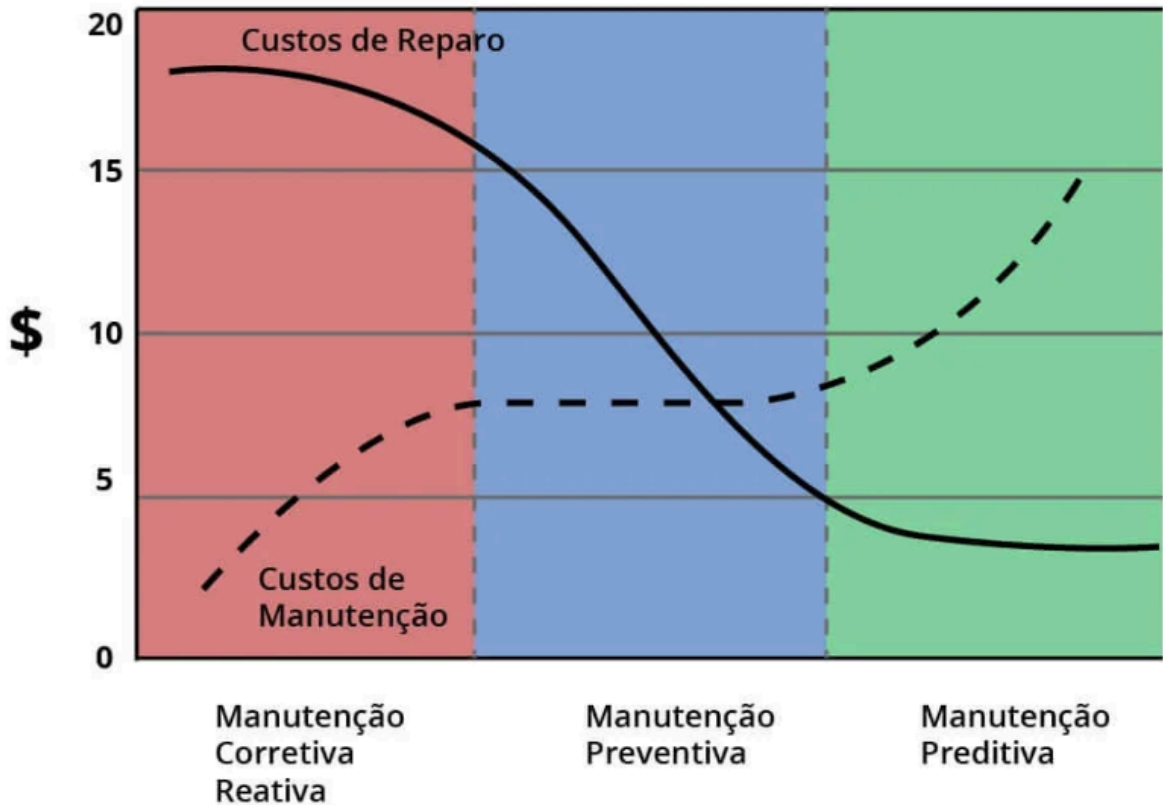
Figura 7 – Comparativo de custo de reparo de cada estratégia de manutenção

TIPO DE MANUTENÇÃO	CUSTO US\$ /HP/ANO
Corretiva não Planejada	17,00 ~ 18,00
Preventiva	11,00 ~ 13,00
Preditiva	7,00 ~ 9,00

Fonte: Xavier (2005).

A Figura 8 complementa a Figura 7 fazendo uma comparação do custo de manutenção com o custo de reparo, novamente, utilizando apenas valores de exemplo. Pode ser observado que a manutenção corretiva possui o maior custo de reparo devido as falhas serem geralmente severas requerendo a total substituição do componente avariado, entretanto possuindo o menor custo de manutenção devido pois possui uma intervenção simples e não instrumentada. A manutenção preventiva se apresenta em uma zona de transição tendendo a diminuição dos custos de reparo e aumento dos custos de manutenção. Por fim, a manutenção preditiva apresenta uma situação inversa a manutenção corretiva pois com o custo de manutenção elevado, devido a suas características de investimento em monitoramento, gera um custo menor de reparo.

Figura 8 – Gráfico custo de manutenção por tipo



Fonte: Dynamox (2020).

Teles (2019) distingue os custos de manutenção em:

- Direto: Relacionados diretamente com a execução da manutenção, como por exemplo custo da mão de obra, consumo de peças e usos de equipamentos de manutenção. Para Nakajima (1988), os custos diretos são importantes para uma análise da eficiência da manutenção e controle de gastos a curto prazo;
- Indireto: Estão relacionados com a operação porém não focados na manutenção, para exemplificar tem-se o custo da parada da produção, perda de qualidade e problemas com a segurança da operação. Mobley (2004) ressalta, em sua obra, que os custos indiretos podem chegar a dez vezes os valores dos custos diretos;
- Induzido: Este tem ligação com os impactos provocados além da manutenção ou operação, por exemplo há os impactos ambientais, problemas com a reputação da empresa, questões jurídicas envolvidas com prazos e riscos.

Tendo como base as informações apresentadas ao longo do Capítulo 2 e tendo como fonte os autores previamente citados, pode-se sintetizar os custos de manutenção de cada estratégia apresentada, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 – Comparativo de Custos por estratégia de manutenção

TIPOS DE CUSTOS	CORRETIVA	PREVENTIVA	PREDITIVA
DIRETO	<b>Alto.</b> Mão de Obra emergencial e uso de peças sem planejamento	<b>Médio.</b> Custos reduzidos de mão de obra e peças pelo planejamento	<b>Inicialmente alto.</b> Investimento e implementação de tecnologia, mão de obra qualificada
INDIRETO	<b>Elevados.</b> Paradas imprevistas e perda de produção	<b>Médio.</b> Interrupções programadas, custo logístico e estoque de peças	<b>Baixo.</b> Menor impacto na produção, tempo para monitoramento contínuo
INDUZIDO	<b>Alto.</b> Riscos de danos à reputação e segurança	<b>Médio.</b> Custo de oportunidade das paradas programadas	<b>Baixo.</b> menor risco de falhas e maior confiabilidade, possíveis custos adicionais por integração tecnológica

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009), Mobley (2004), Nakajima (1988), Teles (2019)

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os equipamentos objetos de estudo do trabalho e a metodologia de coleta e análise de dados que será aplicada para obtenção dos resultados.

#### 3.1 EQUIPAMENTO DE ESTUDO

A empresa em estudo tem como principal equipamento de locação a empilhadeira modelo LINDE H-20 BR, da fabricante multinacional Linde, ilustrada na Figura 9. O equipamento foi projetado com capacidade de carga nominal de 2000 quilos com motor a combustão movido a GLP. A empilhadeira utiliza sistema hidráulico tanto para transmissão quanto para executar as funções de elevação de carga.

Figura 9 – Empilhadeira Linde H-20



Fonte: Linde (2008)

O equipamento dispõe de sete cilindros para execução de serviço, sendo dois deles para elevação, dois para inclinação, dois para deslocamento e um para direção. Ao analisar os chamados dos clientes para manutenção corretiva, é observado que a grande maioria dos defeitos hidráulicos são relacionados a vazamento de óleo nos cilindros devido a necessidade de troca dos reparos.

O plano de manutenção disponibilizado pela fabricante não especifica a troca dos kits do reparo do cilindro, por isso a empresa em questão executa a troca apenas quando ocorre a falha, tendo despesa com deslocamento, hora técnica, compra dos itens da manutenção de maneira não programada e possivelmente desconto na locação caso tenha deficiência de mão de obra técnica disponível, tendo em vista que a empresa possui locações em diversas partes do Brasil, o que agrava o tempo para atendimento dependendo da distância.

## 3.2 KIT DE REPAROS DOS CILINDROS DO EQUIPAMENTO

### 3.2.1 CILINDRO DE ELEVAÇÃO

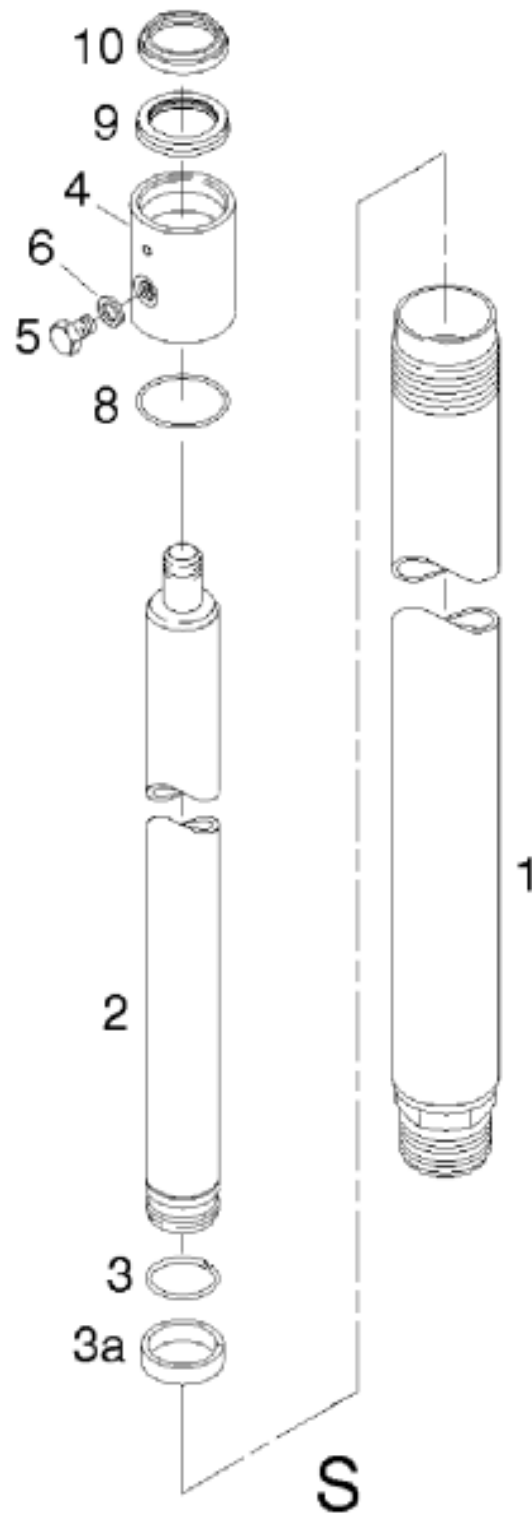
Os dois cilindros de elevação do equipamento são responsáveis por erguer e abaixar a carga, sendo o instrumento principal para o armazenamento de cargas. Seu detalhamento pode ser visto pela Figura 10 e Tabela 1.

Seu kit de reparos é composto por apenas três itens, sendo o anel o-ring, a gaxeta e o anel raspador, evidenciados pela Figura 11 e Tabela 2 com a identificação baseada na vista explodida da Figura 10. Cada kit de reparo é referente a um cilindro unitário sendo necessário dois kits para manutenção do conjunto responsável pela elevação.

Cada componente do kit de vedação do cilindro de elevação apresenta como função:

- O-Ring: Vedação entre duas superfícies em contato, prevenindo o vazamento de líquidos;
- Gaxeta: Vedação entre a superfície externa e interna do cilindro, evitando vazamentos e desgaste;
- Anel Raspador: Protege as vedações de partículas externas, removendo impurezas do eixo.

Figura 10 – Vista explodida cilindro de elevação da H-20



350.803.08.19A

Fonte: Linde (2005)

Tabela 1 – Lista de peças cilindro de elevação da H-20

Item	N°
Tubo Cilíndrico	1
Haste do Pistão	2
Anel Elástico	3
Anel	3a
Cabeçote do Cilindro	4
Parafuso	5
Arruela	6
O-Ring	8
Gaxeta	9
Anel Raspador	10

Fonte: Adaptado de Linde (2005)

Figura 11 – Kit de reparo do cilindro de elevação da H-20



Fonte: Próprio Autor

Tabela 2 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de elevação

<b>Item</b>	<b>Nº</b>
O-Ring	8
Gaxeta	9
Anel Raspador	10

Fonte: Próprio autor

### 3.2.2 CILINDRO DE DESLOCAMENTO

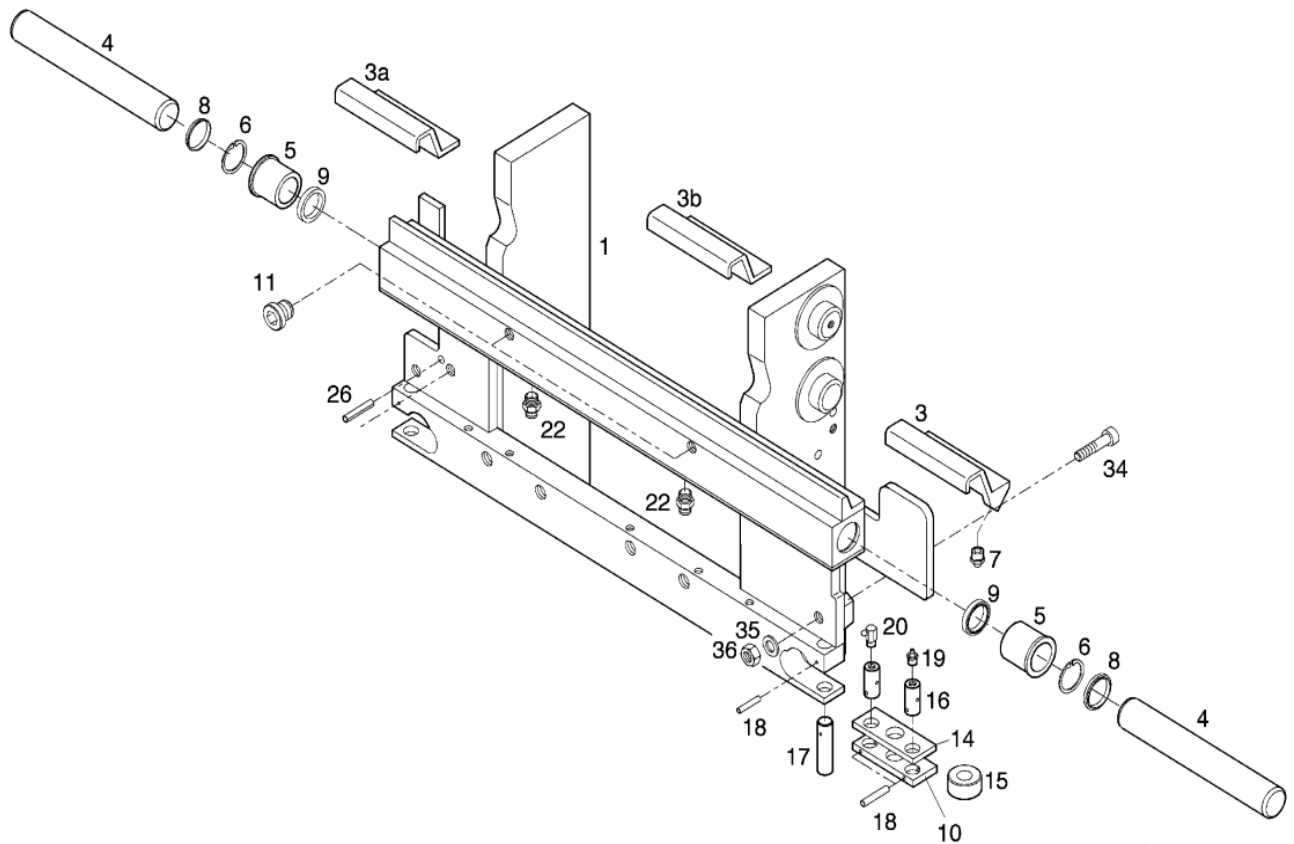
Os cilindros de deslocamento, explicitados na Figura 12 e Tabela 3, possuem a função de movimentar horizontalmente os garfos da empilhadeira, não podem ser controlados por alavancas ou volante como os outros cilindros, sendo necessário o ajuste manual dos garfos.

O kit de reparo dos cilindros de deslocamento são os mais simples, como observado na Figura 13 e Tabela 4 devido a apenas possuir raspador e gaxeta, identificados na vista explodida da Figura 12. Como tem-se dois cilindros de deslocamento no equipamento, são necessárias duas unidades do kit de reparos para a manutenção completa.

Devido ao grande número de itens apresentados na Figura 12, será apenas considerado para construção da Tabela 3 os componentes que possuem relevância para o estudo apresentado em relação ao kit de reparos do cilindro de deslocamento. Além disso, os itens da Tabela 4 possuem numeração correspondente com a Figura 12 e Tabela 3.

A função dos componentes presentes no kit de reparos do cilindro de deslocamento são semelhantes ao kit de reparos do cilindro de elevação apresentado anteriormente no item 3.2.1.

Figura 12 – Vista explodida cilindro de deslocamento da H-20



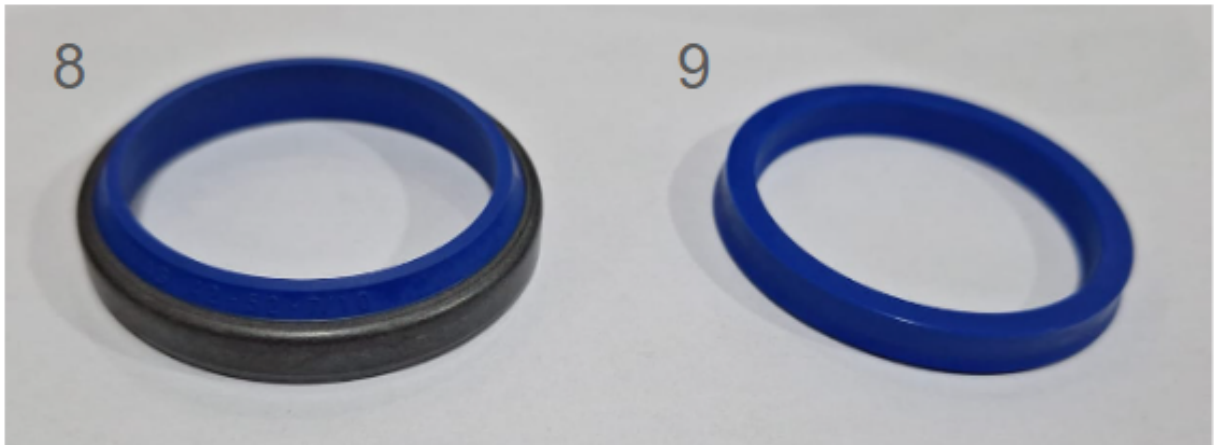
Fonte: Linde (2005)

Tabela 3 – Lista de peças cilindro de deslocamento da H-20

Item	N°
Conjunto de Travessa	1
Parafuso	4
Bucha	5
Anel de Retenção	6
Anel Raspador	8
Gaxeta	9

Fonte: Adaptado de Linde (2005)

Figura 13 – Kit de reparo do cilindro de deslocamento da H-20



Fonte: Próprio Autor

Tabela 4 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de deslocamento

Item	Nº
Anel Raspador	8
Gaxeta	9

Fonte: Próprio autor

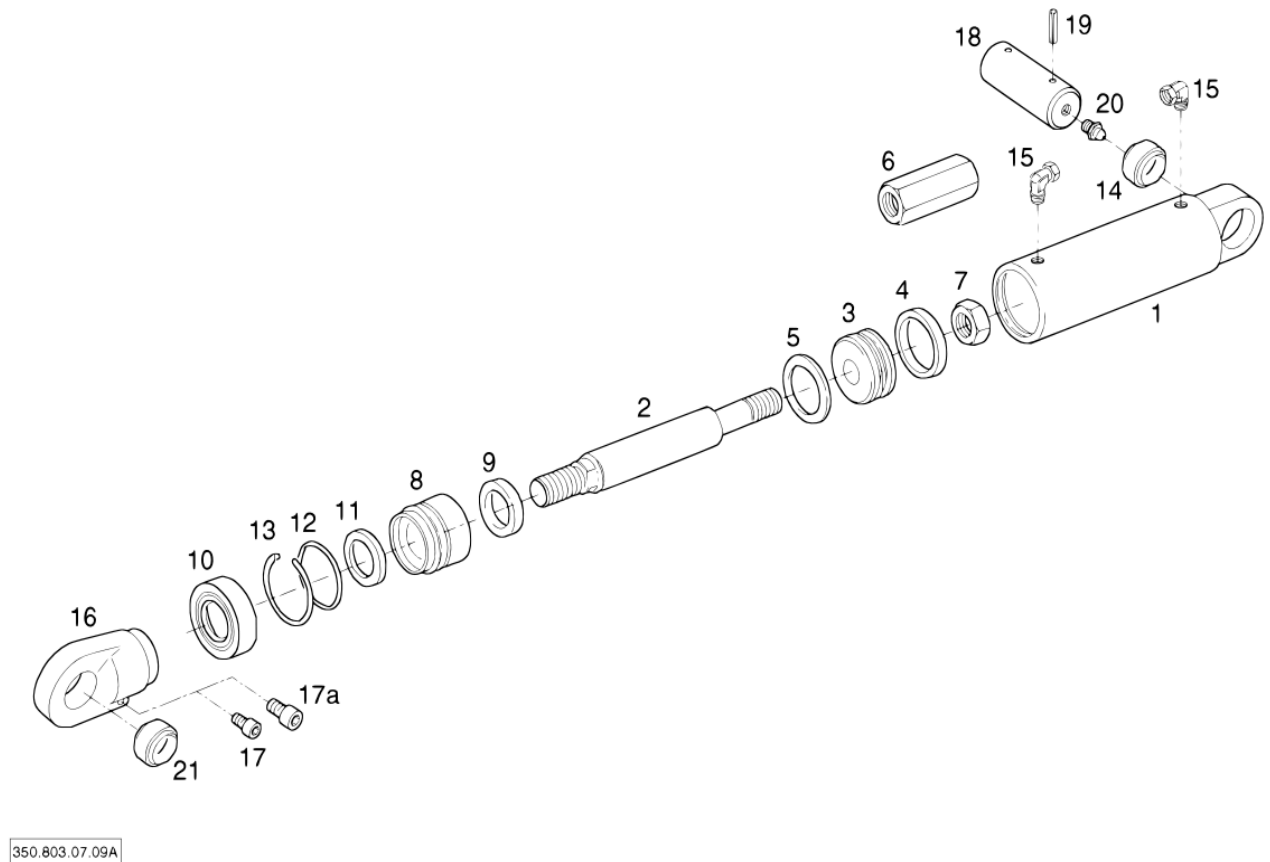
As numerações dos itens da Tabela 4 são correspondentes à numeração dos itens da Figura 12 e Tabela 3.

### 3.2.3 CILINDRO DE INCLINAÇÃO

O cilindro de inclinação tem como função ajustar, através do seu deslocamento horizontal, a inclinação do mastro do equipamento fazendo com que a carga seja ajustada para frente ou para trás para facilitar o transporte e armazenamento da carga no drive ou outro local designado. Pode ter seus componentes e montagem visualizados pela Figura 14 e detalhados na Tabela 5.

Para a construção da Tabela 5, focou-se apenas nos itens mais relevantes, da Figura 14, neste caso nos componentes que possuem relação direta com o kit de reparo do cilindro de inclinação.

Figura 14 – Vista explodida cilindro de inclinação da H-20



350.803.07.09A

Fonte: Linde (2005)

O kit de reparo desses cilindros possui mais componentes que os demais já apresentados, devido às características do próprio cilindro e componentes. O kit, apresentado na Figura 15, é constituído de um drive band, selo, uma gaxetas, um anel o-ring, um raspador e uma capa. Como já apresentado, devido a existência de um par de cilindros de inclinação, são necessários dois kits de reparos sendo um para cada cilindro.

A função da gaxeta, o-ring e anel raspador já foi introduzida anteriormente, portanto, para complementar as funções dos componentes do kit de reparo do cilindro de inclinação, tem-se:

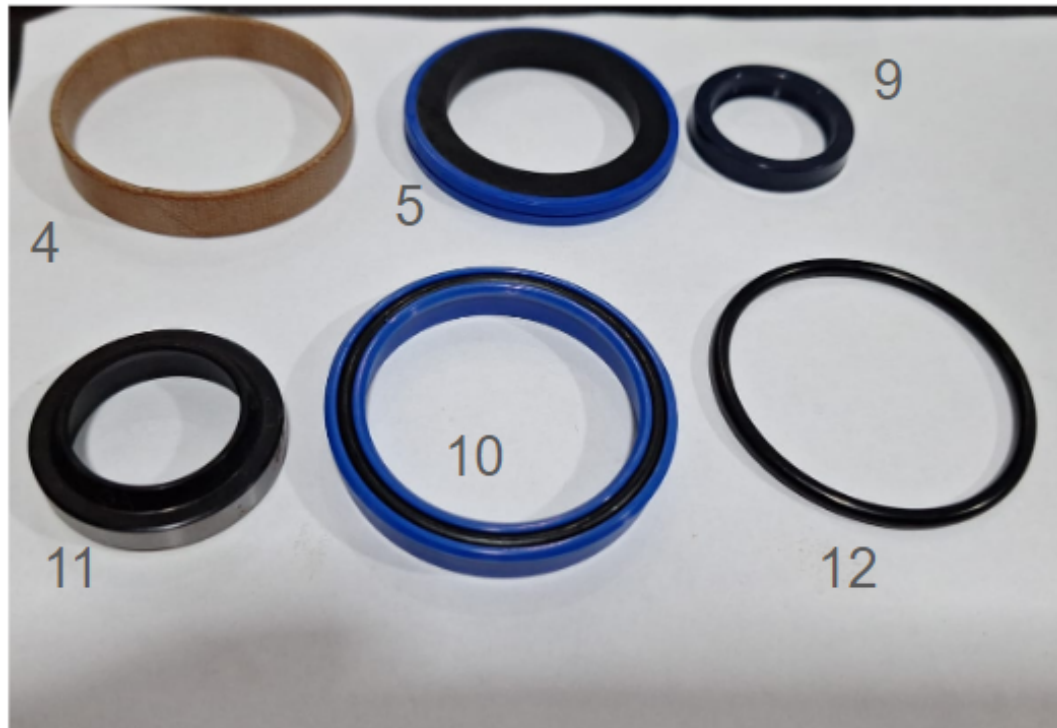
- Drive Band: Transmite movimento ou força nos sistemas mecânicos;
- Selo: Tem como função evitar vazamentos e proteger o sistema contra entrada de impurezas;
- Capa: Veda e protege a abertura do cilindro.

Tabela 5 – Lista de peças cilindro de inclinação da H-20

Item	N°
Tubo Cilíndrico	1
Haste do Pistão	2
Pistão	3
Drive Band	4
Selo	5
Cabeçote do Cilindro	8
Gaxeta	9
Capa	10
Anel Raspador	11
O-Ring	12
Anel Elástico	13
Parafuso Olhal	16

Fonte: Adaptado de Linde (2005)

Figura 15 – Kit de reparo do cilindro de inclinação da H-20



Fonte: Próprio Autor

As numerações dos itens da Tabela 6 são correspondentes à numeração dos itens da Figura 14 e Tabela 5.

Tabela 6 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de inclinação

Item	Nº
Drive Band	4
Selo	5
Gaxeta	9
Capa	10
Anel Raspador	11
O-Ring	12

Fonte: Próprio autor

### 3.2.4 CILINDRO DE DIREÇÃO

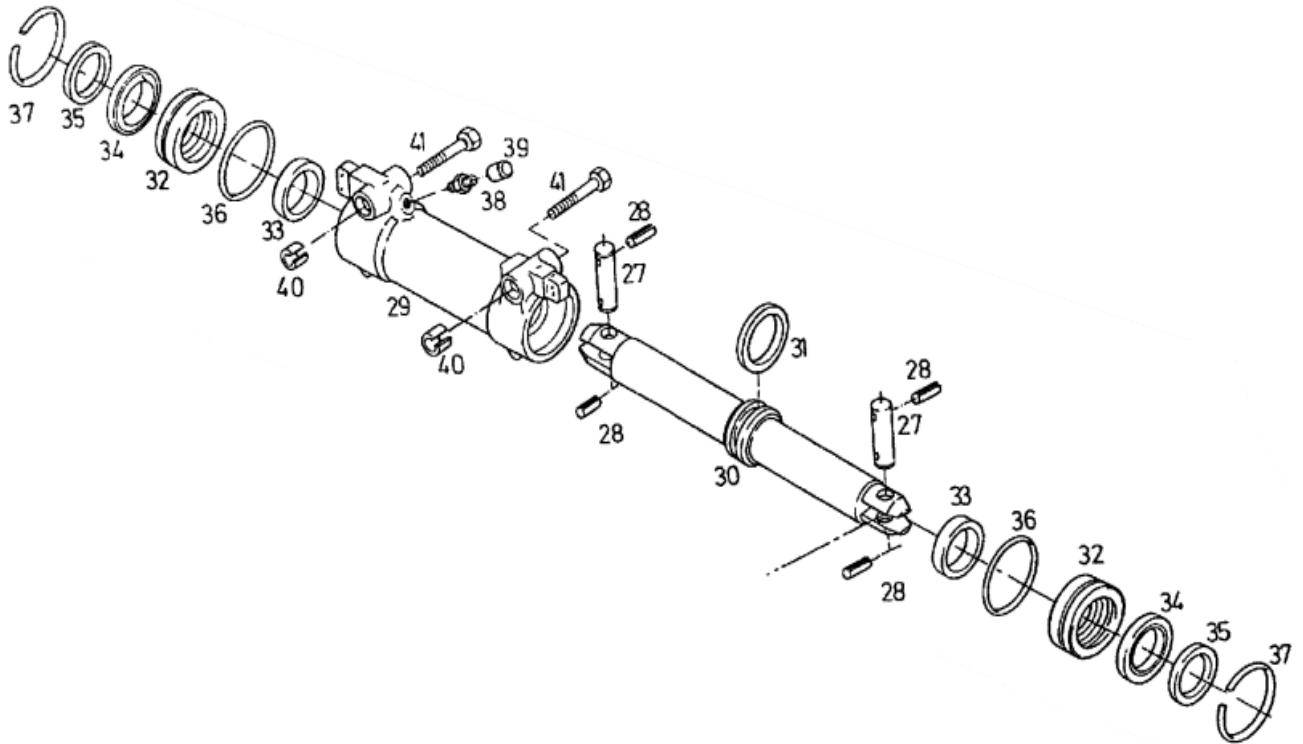
A função do cilindro de direção, representado na Figura 16 e Tabela 7, é transformar a pressão hidráulica em força mecânica fazendo com que as rodas traseiras sejam rotacionadas de acordo com o movimento do volante.

O kit de reparos do cilindro de direção também apresenta mais itens devido a característica do trabalho e do componente. A Figura 17 apresenta todos os componentes presentes no kit, já evidenciados de acordo com a Figura 16, sendo esses o anel retentor, o drive band, o-ring, gaxeta e raspador.

O cilindro de direção apresenta uma peculiaridade de ser um atuador linear de haste dupla e, portanto, seu kit de vedação vem com duas unidades de cada peça, pois são alocadas nos lados direito e esquerdo, tendo como exceção o componente 31 devido a esse ser montado no centro do cilindro.

Devido a quantidade de componentes apresentados pela Figura 16, a construção da Tabela 7 é focada apenas nos itens que possuem maior relevância para o trabalho e ligação com o kit de reparo do cilindro de direção. As funções de cada componente do kit foram previamente introduzidas nos itens 3.2.1 e 3.2.3.

Figura 16 – Vista explodida cilindro de direção da H-20



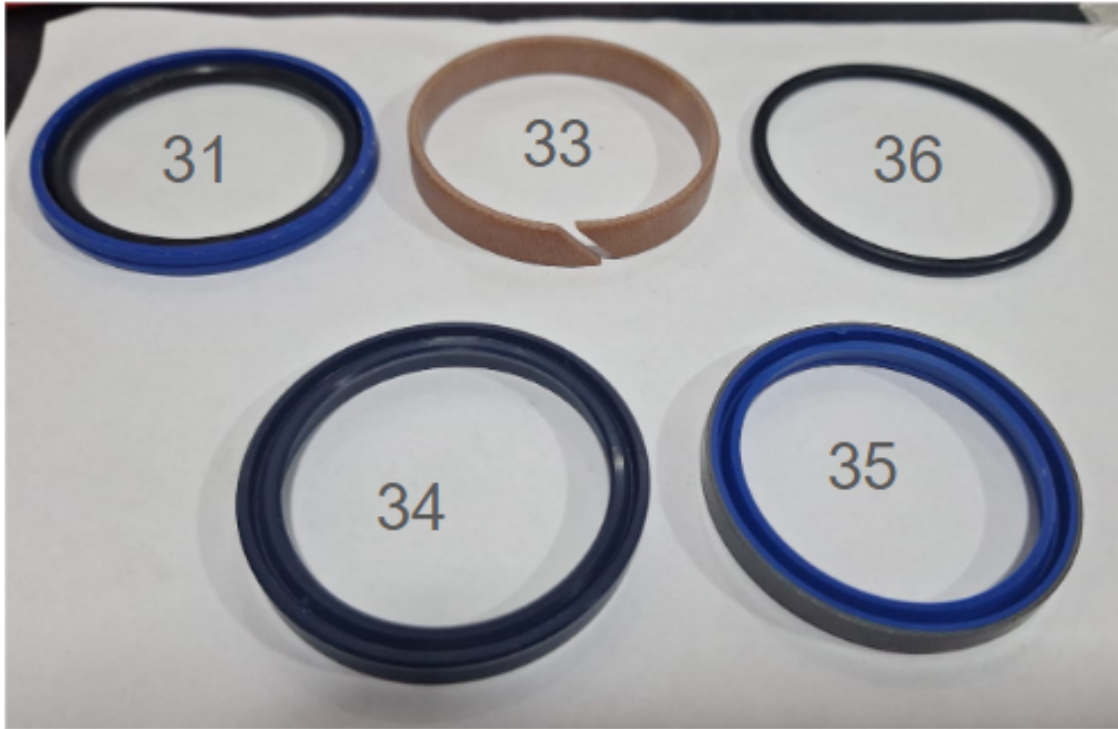
Fonte: Linde (2005)

Tabela 7 – Lista de peças cilindro de direção da H-20

Item	Nº
Tubo Cilíndrico	29
Haste do Pistão	30
Anel de Vedação	31
Bucha Guia	32
Drive Band	33
Gaxeta	34
Anel Raspador	35
O-Ring	36
Anel Elástico	37

Fonte: Adaptado de Linde (2005)

Figura 17 – Kit de reparo do cilindro de direção da H-20



Fonte: Próprio Autor

Tabela 8 – Lista de peças kit de reparos do cilindro de elevação

Item	Nº
Anel de vedação	31
Drive Band	33
Gaxeta	34
Anel Raspador	35
O-Ring	36

Fonte: Próprio autor

As numerações dos itens da Tabela 8 são correspondentes à numeração dos itens da Figura 16 e Tabela 7.

### 3.3 MÉTODO DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para obtenção e análise de dados para comparação das estratégias de manutenção é necessário definir um plano de ação baseado nas características da

empresa. Tendo como caráter principal ser uma empresa de locação e manutenção de empilhadeiras, com contratos espalhados em todo território nacional, será necessário um exemplo de gastos referentes a manutenção corretiva de kit de reparos em empilhadeiras.

### 3.3.1 ESCOLHA DO CLIENTE PARA ANÁLISE DE CUSTOS

Para a análise dos custos da manutenção será utilizado um cliente com grande volume de maquinários e volume de atendimentos para manutenção corretiva. O cliente em questão está localizado na cidade de Rondonópolis-MT, enquanto a base da empresa se localiza na cidade de Goiânia-GO, distante aproximadamente 720 quilômetros. O cliente tem como característica ser um frigorífico, portanto há regras rígidas sobre vazamento nos equipamentos, sendo assim caso ocorra defeito no reparo, o equipamento é imediatamente interditado.

Os equipamentos locados no cliente, assim como em todas as outras locações, possuem plano de manutenção que previsto no contrato e programado para execução a cada 3000 horas trabalhadas do equipamento, neste momento realiza-se uma revisão detalhada e substituição de componentes como óleo do motor, filtros, entre outros. Tem-se em vista que dentro deste plano de manutenção preventiva fornecido pelo fabricante do equipamento, não há menção da vida útil ou especificação de troca dos kits de reparos dos cilindros da empilhadeira.

### 3.3.2 DADOS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

Para este trabalho serão analisados os valores referentes às despesas arcadas pela empresa em estudo durante um chamado de manutenção corretiva vinda do cliente citado na subseção 3.3.1

- Custo técnico: Este custo está relacionado com as despesas da hora técnica do colaborador responsável pelo serviço juntamente com as despesas da viagem, tendo em vista que seria uma viagem de no mínimo 3 dias, com alimentação e hospedagem inclusas.
- Deslocamento: Está incluso neste custo todas as despesas relacionadas ao deslocamento do técnico responsável até o local de atendimento, sendo as despesas de combustível e pedágios.

- Custos de materiais: Este custo está relacionado com os materiais necessários para a correção da avaria. Tendo em vista o foco do estudo deste trabalho será o custo dos kits de reparo dos cilindros.

Esses valores citados serão apresentados de forma relativa em relação ao custo da locação, ou seja, os valores serão explicitados em forma de percentagem em relação ao valor da locação da empilhadeira em um período de 10 meses. Como observado pela Equação 1:

$$\text{Custo Relativo} = \frac{\text{Custo da Manutenção}}{\text{Valor da Locação do Equipamento}} \quad (1)$$

O Custo Relativo representa os valores a serem comparados entre as estratégias de manutenção.

### 3.3.3 DADOS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para uma comparação direta com os dados obtidos pela metodologia do Capítulo 3.3.2 serão analisados valores referentes a aplicação da manutenção dos kits de reparo dos cilindros da empilhadeira durante o período da manutenção preventiva, que já está programada de acordo com as horas de trabalho do equipamento.

Os custos a serem analisados serão semelhantes aos apresentados no Capítulo 3.3.2, sendo eles o Custo Técnico, Deslocamento e Custo de Materiais. Novamente, estes valores serão apresentados de forma relativa em relação ao custo da locação do equipamento como explicitado pela Equação 1.

## 3.4 CUSTOS ADICIONAIS A SEREM ANALISADOS

Além dos custos já apresentados anteriormente, também serão analisados custos indiretos associados à utilização da manutenção corretiva, tendo como fatores a serem considerados a redução da disponibilidade técnica que pode impactar nas operações de outros clientes e possíveis descontos aplicados ao contrato de locação dos equipamentos devido a demora do atendimento técnico impactando na produtividade do cliente.

Outro fator a ser considerado é a possibilidade de implementação da manutenção preditiva, apresentada como uma manutenção mais confiável mesmo

tendo em vista os investimentos iniciais e monitoramento constante dos equipamentos a fim de ter um custo de reparo mais barato que as manutenções corretivas e preventivas.

## 4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os dados coletados em relação aos custos de manutenção e análise de resultados em relação a economia ou aumento de custos.

### 4.1 ANÁLISE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA

Tendo coletado os dados necessários para se mensurar os custos da manutenção corretiva quando há necessidade da troca do kit de reparo dos cilindros da empilhadeira é possível construir a Tabela 9. Nesta tabela estão os valores descritos do Custo Relativo estão em porcentagem baseada no valor de locação do equipamento como apresentado pela Equação 1.

Tabela 9 – Custos de Manutenção Corretiva

Custos	Custo Relativo
Deslocamento	3,4
Custo Técnico	1,7
Material	1,5
TOTAL	6,6

Fonte: Próprio autor

Os custos de deslocamento abrangem tanto combustível quanto pedágios, já o custo técnico abrange o valor da hora técnica, hospedagem e alimentação do colaborador, por fim o custo do material abrange os kits de reparos dos cilindros do equipamento. O valor total encontrado na Tabela 9 indica que um chamado de manutenção corretiva para a troca dos kits de reparo do equipamento custa à empresa 6,6% do valor arrecadado a cada 10 meses pela contratação da empilhadeira pelo cliente.

Para a construção da Tabela 10 é explicitado os custos atrelados a estratégia de manutenção preventiva dos kits de reparos da empilhadeira tendo em vista que já possui um plano de manutenção preventiva já estabelecido de 3000 horas do equipamento em operação.

Tabela 10 – Custos de Manutenção Preventiva

<b>Custos</b>	<b>Custo Relativo</b>
Deslocamento	0
Custo Técnico	5
Material	15
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>

Fonte: Próprio autor

A Tabela 10 apresenta custo zero de deslocamento pois está se beneficiando da manutenção preventiva já programada com os custos de deslocamento já previstos e custos técnicos, apenas ocorrerá a adição de mais horas técnicas devido ao acréscimo de serviço relacionado aos cilindros e o custo do material se manterá o mesmo.

Tendo o Custo Relativo como a porcentagem dos custos de manutenção em relação ao valor da locação do contrato, é possível visualizar que o total dos custos apresentados por essa estratégia é de 20%, ou 1/5, do valor cobrado pela locação da empilhadeira caso adotado a estratégia de se trocar preventivamente os kits de reparos dos cilindros durante a parada programada para manutenção preventiva de 3000 horas.

Comparando as duas tabelas apresentadas é possível identificar uma clara redução nos custos, de 30% em relação ao valor do contrato do equipamento. Principalmente relacionado ao deslocamento que é o mais custoso para a manutenção. Pela média dos chamados de manutenção corretiva em relação a troca dos kits de reparo dos cilindros serem de aproximadamente a cada 10 a 12 meses para cada equipamento pode ser adaptado, sem haver grande discrepância no quesito de frequência da troca, durante a manutenção preventiva de 3000 horas devido a esta ocorrer aproximadamente no período de 10 meses.

#### 4.2 ANÁLISE DE CUSTOS INDIRETOS

Outros custos não mensurados também agregam para a escolha da manutenção preventiva ao invés do modelo atual de corretiva como a disponibilidade

técnica, já que nas duas situações será preciso um técnico em atividade por no mínimo três dias. Entretanto com o fator estratégico relacionado a manutenção preventiva a ausência do técnico na base já é programada evitando perda de mão de obra para outros possíveis atendimentos. Outro fator de custo indireto é a possibilidade de, em um chamado de manutenção corretiva, não haver técnicos disponíveis a tempo de cumprir o prazo de atendimento do contrato, gerando assim custos adicionais de desconto de locação.

#### 4.3 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

A implementação da estratégia de manutenção preditiva para cilindros hidráulicos pode ser aplicada utilizando ferramentas de monitoramento como pressostatos e termostatos para análise da pressão e temperatura do óleo hidráulico dentro dos cilindros, cuja variação anormal pode significar um funcionamento fora do padrão de operação dos cilindros, resultando, possivelmente, em desgastes nos kits de reparos. A empresa Bosch Rexroth oferece pacotes de monitoramento de sistemas hidráulicos e é referência no mercado neste aspecto.

A inviabilidade dessa implementação para esse tipo de operação é devido a impossibilidade de aplicar os recursos necessários de monitoramento para a predição da falha devido a natureza do modelo de negócios da empresa que é focada no aluguel de equipamentos, o que impossibilita as medições necessárias para o correto monitoramento dos componentes. Além disso, a grande quantidade de equipamentos locados dificulta ainda mais a adoção dessa estratégia devido ao alto valor de investimento requerido.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados no Capítulo 4, fica evidenciado a economia oferecida e facilidade de implementação pelo uso da manutenção preventiva sobre a manutenção corretiva e preditiva, destacando os pontos de economia e se beneficiando de um plano de manutenção programada já existente.

O presente trabalho pode ser utilizado como base para análise de custos de outros equipamentos nos quais possa ser implementada a manutenção preventiva ao invés da manutenção corretiva já utilizada. Para a empresa em estudo a utilização de manutenção preditiva é uma opção inviável devido ao caráter locativo da mesma e quantidade de equipamentos, dificultando o monitoramento.

Para possíveis melhorias deste trabalho destaca-se uma análise da durabilidade dos componentes do kit de reparo dos cilindros, identificando com uma precisão mais acurada do tempo de vida útil de cada um deles. Podendo assim implementar tempos diferentes para manutenção preventiva baseado na vida útil de cada kit de cilindro diferente.

## 6 REFERÊNCIAS

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

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

BRUGSCH, H. **A History of Egypt under the Pharaohs**. Edited by Philip Smith. London: Cambridge University Press, 1879.

DYNAMOX. Manutenção Corretiva: Aliada ou Vilã?. 2020. Disponível em: <https://dynamox.net/blog/manutencao-corretiva-aliada-ou-vila>. Acesso em: 07 dez. 2024.

LINDE. *Catálogo de Peças H20*. Linde, 2005

LINDE. *Datasheet Linde H20*. Empilhadeira Santana, 2008. Disponível em: <https://www.empilhadeirasantana.com.br/novo/arquivos/downloads/04-linde-h20t-serie-350-03-glp-30396.pdf>. Acesso em: 25 de nov. 2024

KARDEC, A. NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOBLEY, R. K. **Maintenance Fundamentals**. 2nd ed. Oxford: Elsevier, 2004.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Portland: Productivity Press, 1988.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: E. Blucher, 1999.

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado**: uma metodologia passo a passo para implantação do pcm. Brasília: Engeteles Editora, 2019.

VIANA, H. **Manual de Gestão da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção Classe Mundial**. Tecém Tecnologia Ltda. Belo Horizonte 2005. Disponível em:  
<https://docplayer.com.br/6859116-Manutencao-classe-mundial.html>. Acesso em: 07 dez. 2024.