



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**LAÍS LOPES SALLES**

**PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA O SISTEMA DE TRATAMENTO  
DE FALHAS PARA O EQUIPAMENTO ELEVADOR DE CANECAS DE  
UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

**OURO PRETO - MG  
2018**

**LAÍS LOPES SALLES**

**lais.lsalles@gmail.com**

**PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA O SISTEMA DE TRATAMENTO  
DE FALHAS PARA O EQUIPAMENTO ELEVADOR DE CANECAS DE  
UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia Mecânica  
da Universidade Federal de Ouro  
Preto como requisito para a obtenção  
do título de Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO - MG**

**2018**

S168p

Salles, Laís Lopes.

Propostas de melhorias para o sistema de tratamento de falhas para o equipamento elevador de canecas de uma indústria química [manuscrito] / Laís Lopes Salles. - 2018.

vi, 61f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira da Silva.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Elevador de canecas. 2. Transporte vertical. 3. Falhas. 4. Sistema de tratamento de falhas. I. Silva, Washington Luís Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 621

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ATA DA DEFESA**

Aos 07 dias do mês de dezembro de 2018, às 11h 00min, na sala 18, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia da aluna Laís Lopes Salles, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof MSc. Caio Cesar de Souza Pereira e Prof. MSc. Sávio Sade Tayer. A candidata apresentou o trabalho intitulado: “ **Propostas de Melhorias para o Sistema de Tratamento de Falhas para o equipamento elevador de canecas de uma indústria química** ”, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADA.

Ouro Preto, 07 de Dezembro de 2018.

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva  
**Professor Orientador**

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer  
**Professor Avaliador**

Prof. MSc. Caio Cesar de Souza Pereira  
**Professor Avaliador**

Laís Lopes Salles

**Aluno(a)**

Aos meus pais, irmãos e avós pelo apoio,  
incentivo e amor.

Aos meus amigos que me motivaram e  
caminharam junto comigo nesta etapa.

## **AGRADECIMENTO**

Ao meu orientador Prof. Dr. Washington Luís Vieira da Silva, pelo incentivo e orientação neste trabalho.

Aos meus pais Patrícia e Charles e aos meus avós Emília, Mário Carlos e Itair por tornarem possível a oportunidade de realizar esta graduação e por estarem sempre presentes oferecendo apoio e incentivo.

Aos meus irmãos Letícia e Pedro Henrique pelo companheirismo e motivação.

À Universidade Federal de Ouro Preto/UFOP e ao corpo docente de Engenharia Mecânica por todos os ensinamentos fundamentais para minha formação acadêmica.

Ao AP 03, minha casa em Ouro Preto e amizade fundamental em cada momento dessa caminhada, em especial, Flavi, Fê, Ray, Carol e Glau.

Às minhas amigas, Clarissa, Marcella, Tati, Ingrid, Milena e Ju por serem apoio e incentivo constante.

*“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.*

**Martin Luther King**

## RESUMO

SALLES, Laís Lopes: **Propostas de melhorias para o sistema de tratamento de falhas para o equipamento elevador de canecas de uma indústria química**, 2018. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

O elevador de canecas é um meio de transporte vertical amplamente utilizado na indústria, devido ao simples funcionamento, eficácia e baixo custo. Este trabalho apresenta sugestões de melhorias ao sistema de tratamento de falhas do equipamento elevador de canecas utilizado no transporte de hidrato de uma indústria química. O principal objetivo do estudo foi encontrar melhorias para o sistema de tratamento de falhas, de forma a reduzir a reincidência de falhas observada no histórico de manutenção. Para alcançar tal objetivo, quanto à perspectiva dos procedimentos técnicos, uma pesquisa bibliográfica e de estudo de caso foi realizada, com caráter exploratório e qualitativo. Os dados obtidos a partir do *software* TOTVS, utilizado pela empresa, foram tabelados em Excel e, em seguida, aplicadas ferramentas de manutenção obtendo o modo de falhas, gráfico de Pareto, *brainstorming* e diagrama de Ishikawa para posterior uso da ferramenta 5W2H. A partir dos resultados é possível identificar as prováveis causas de reincidência de falhas no equipamento e sugerir um plano de ações a ser adotado. Conclui-se a partir dos resultados que as três principais causas de manutenção emergencial no elevador de canecas são falhas relacionadas a vazamentos, e aos componentes correia e eixo do tambor do equipamento. Para resolução do problema, sugeriu-se acrescentar manutenção preventiva aos componentes ligados aos vazamentos, treinamento da equipe de manutenção, adicionar inspeções na correia, e limpeza do equipamento e dos componentes ligados ao desgaste do eixo do tambor.

**Palavras-chave:** elevador de canecas, transporte vertical, falhas, sistema de tratamento de falhas, melhorias.

## ABSTRACT

SALLES, Laís Lopes: *Improvement proposals for the failure treatment system for the bucket elevator*, 2018. (Graduation in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.

The bucket elevator is a vertical means of transportation of bulk, in the industry, for the simple operation, profitability and low cost. This work was suggestions of improved system of treatment of fault magnifier of storage used the transport of hydrate of a Chemical Industry. The main objective of the program was the search for maintenance history failures. To achieve this goal, a bibliographical and case study research was carried out regarding the technical procedures perspective, with an exploratory and qualitative character. The data is displayed in the software for use in Excel spreadsheets and then the maintenance tools obtaining failure mode, Pareto chart, brainstorming and Ishikawa diagram for further use of the 5W2H tool. From the results that can be identified the possible causes of recurrence of failures and suggest a plan of actions to be adopted. It is concluded from the results that the three main causes of emergency emergence are not larger than those related to the flows, and the components of the belt and the axis of the cartridge. The resolution to problem there is to prevent the installation to prevent the protection problem and maintenance the removal to prevent the engine of drum.

**Keywords:** *bucket elevator, vertical transport, failures, fault handling system, improvements*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elevador de canecas .....	3
Figura 2: Evolução da Manutenção .....	9
Figura 3: Princípios básicos de cada senso do 5S .....	15
Figura 4: Exemplo de aplicação do Diagrama de Causa e Efeito ou Ishikawa.....	16
Figura 5: Exemplo de aplicação do Gráfico de Pareto .....	20
Figura 6: Pé do elevador de canecas.....	23
Figura 7: Movimento ascendente e descendente no elevador de canecas .....	23
Figura 8: Cabeça do elevador de canecas.....	24
Figura 9: Tambor de acionamento de um elevador de canecas.....	24
Figura 10: Fluxograma do roteiro de atividades.....	29
Figura 11: Organograma estrutural da empresa .....	34
Figura 12: Organograma do departamento de manutenção da empresa.....	35
Figura 13: Princípio de funcionamento de um elevador de canecas .....	36
Figura 14: Elevador de canecas .....	37
Figura 15: Modos de Falhas do Elevador de Canecas.....	44
Figura 16: Gráfico de Pareto dos modos de falha .....	45
Figura 17: Diagrama de Causa e Efeito: Vazamentos.....	46
Figura 18: Diagrama de Causa e Efeito.....	47
Figura 19: Diagrama de Causa e Efeito:Falhas no eixo do rolo.....	47

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Evolução da Manutenção.....	8
Tabela 2: Principais aspectos observados na busca das causas fundamentais de falhas .....	13
Tabela 3: 5W2H.....	18
Tabela 4: Variáveis e Indicadores .....	30
Tabela 5: Técnicas de coletas de dados .....	31
Tabela 6: Instrumento de coleta de dados .....	31
Tabela 7: Histórico de falhas do Elevador de Canecas .....	39
Tabela 8: Análise de causas prováveis de falha .....	48
Tabela 9: 5W2H para redução de falhas por vazamento de hidrato .....	50
Tabela 10: 5W2H para redução de falhas na correia.....	51
Tabela 11: 5W2H para redução de falhas no eixo do rolo .....	52

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	4
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Geral .....	4
1.3.2	Específicos.....	5
1.4	Estrutura do Trabalho .....	5
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
2.1	Definição de Manutenção .....	7
2.2	Histórico e Evolução da Manutenção .....	7
2.3	Tratamento de falhas .....	9
2.4	Sistema de tratamento de falhas .....	11
2.5	Métodos e ferramentas de manutenção .....	14
2.5.1	O Método 5S.....	14
2.5.2	Diagrama de Causa e Efeito .....	16
2.5.3	Análise 5 Porquês .....	17
2.5.4	5W2H .....	18
2.6	Gráfico de Pareto .....	19
2.7	Brainstorming .....	20
2.8	Elevador de canecas.....	21
2.8.1	Elevadores contínuos.....	21
2.8.2	Elevadores centrífugos .....	22
2.8.3	Principais componentes dos elevadores de canecas .....	22
2.9	Considerações finais .....	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1	Tipos de Pesquisa .....	26
3.2	Materiais e Métodos .....	28
3.3	Variáveis e Indicadores .....	30
3.4	Instrumento de coleta de dados .....	30
3.5	Tabulação e análise de dados.....	31
3.6	Considerações finais .....	32

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
4.1	Caracterização da Empresa.....	33
4.2	Caracterização do elevador de canecas .....	36
4.3	Diagnóstico da situação atual do Elevador de canecas.....	38
4.3.1	Análise das falhas encontradas .....	46
4.4	Melhorias propostas para a manutenção do Elevador de Canecas .....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>55</b>
5.1	Conclusão .....	55
5.2	Recomendações .....	57
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>58</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

O desenvolvimento da indústria e a produção em massa estimularam uma crescente competição entre os mais diversos setores de mercado. Preocupadas em manter um processo produtivo e competitivo, as empresas vêm aprimorando seu modelo organizacional a fim de se adaptarem ao mercado atual. Nesse cenário, o processo exige excelentes condições operacionais, com baixo custo, qualidade e segurança. Em consequência, os aspectos relacionados à manutenção interferem diretamente nos resultados das organizações.

Segundo a ABNT-NBR 5462 (1994) *apud* Xenos (1998), a manutenção é conceituada como a “combinação de 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.”

Segundo Viana (2006), o desenvolvimento das organizações e a sofisticação dos equipamentos agravaram o custo da indisponibilidade ou subatividade da linha de produção. Dessa forma, não é suficiente apenas dispor de tais instrumentos de produção, mas é preciso saber usá-los de forma racional e produtiva.

Como resultado, as corporações vêm pesquisando e procurando incessantemente novas maneiras de se gerir, que as conduzam a uma maior competitividade através das ferramentas de qualidade, confiabilidade e produtividade (SOUZA 2009).

Fogliatto (2009) aborda que, em seu sentido mais amplo, confiabilidade está associada à operação bem-sucedida de um produto, na ausência de quebras ou falhas.

As atribuições da engenharia devem começar pela incansável busca de melhorias; a área deve ser capaz de ver o invisível e de maneira prática implantar projetos que atinjam os objetivos traçados a partir desta visão. Além disso, para fazer a identificação das funções e falhas funcionais deve-se primeiro levantar o histórico de manutenção dos equipamentos, pois desta forma haverá um bom balizador para análise (VIANA 2006).

Nesse contexto, Kardec e Nascif (2001) observam que, na visão atual, a manutenção existe para que não haja manutenção. O trabalho da manutenção está sendo enobrecido, e, cada vez mais, a equipe de manutenção deve estar qualificada para evitar falhas e não para corrigi-las.

A ABNT-NBR 5462 (1994) *apud* Xenos (1998) define falha como “o término da capacidade de um item de desempenhar uma função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva um item a um estado de indisponibilidade”.

Xenos (1998) aborda que muito do trabalho dos departamentos de manutenção em várias empresas ainda giram em torno da ocorrência de falhas nos equipamentos. O domínio sobre o bom desempenho dos equipamentos é perdido e as atividades de manutenção tornam-se especialistas em “solucionar problemas”. Pode-se dizer que existe um círculo vicioso de falhas. Ainda segundo o autor, é preciso atacar o problema das falhas nos equipamentos a partir da utilização de um método eficiente.

Para exercer papel estratégico, a manutenção deve estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; dessa forma, não basta, apenas, reparar o equipamento ou a instalação com rapidez, mas é necessário, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (KARDEC & NASCIF, 2013).

Segundo Braidotti (2011), o processo de análise de falha é vital no cotidiano da manutenção, visto que através dela é possível identificar as causas raízes das falhas e defeitos, trabalhar para condição de zero defeito e fornecer maior disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos.

Para efeito de estudo, foi selecionado a área de manutenção de uma indústria química produtora de alumina e hidratos especiais, a qual tem como responsabilidade de manter os ativos em pleno funcionamento a partir do planejamento, controle e manutenção de equipamentos.

O presente trabalho está direcionado para o estudo de caso da manutenção de um elevador de canecas, equipamento crítico na produção de hidrato de uma indústria química.

O elevador de canecas é um equipamento utilizado para transporte vertical de grânéis sólidos. A figura 1 ilustra a construção de um elevador de canecas.

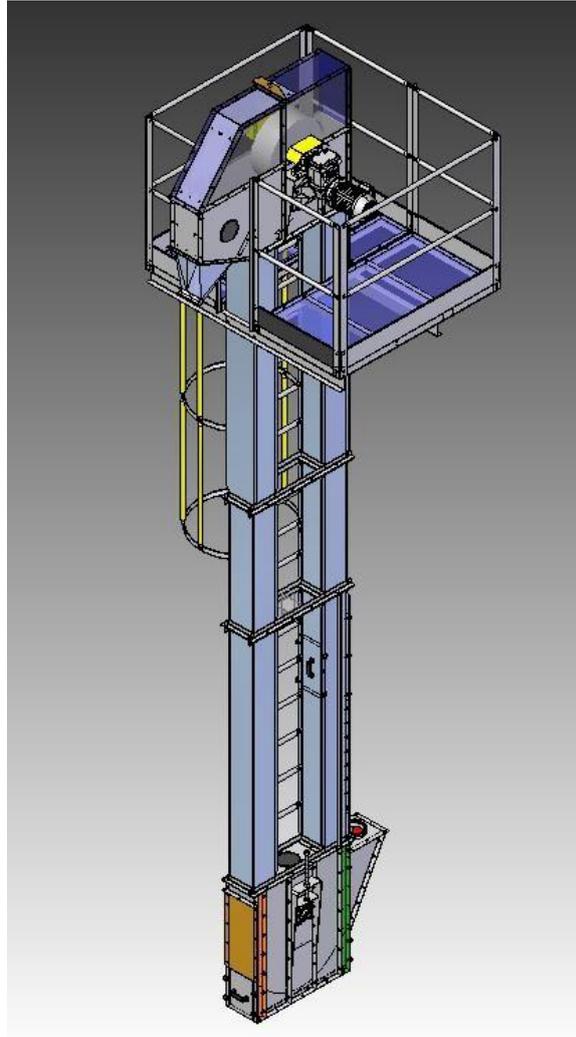


Figura 1 – Elevador de canecas  
Fonte: <http://www.indumetalpbi.com.br/im/> (2018)

Com o objetivo de reduzir a reincidência de falhas no elevador de canecas e otimizar o sistema de tratamento de falhas do equipamento, será proposto um plano de ação.

A proposta é elaborar um sistema de tratamento de falhas e um plano de ações que seja aplicado no estudo de caso de uma indústria química pelos os envolvidos do processo, como: chefia de área da manutenção, engenheiros, supervisores técnicos, planejamento, gestão de ativos, a operação, instrumentação e lubrificação.

A partir dessa contextualização, pergunta-se:

**Como propor melhorias para o sistema de tratamento de falhas para o equipamento Elevador de Canecas para o setor de manutenção de uma indústria química?**

## **1.2 Justificativa**

Segundo dados da Associação Brasileira de Manutenção ABRAMAN(2009), o investimento das indústrias com manutenção representa cerca de 4,14% do PIB brasileiro. É um valor significativo e realmente impactante dentro das indústrias, o que comprova que a manutenção vem ganhando destaque e não deve ser tratada como uma simples atividade de reparo.

O gerenciamento da produção está cada vez mais presente dentro das indústrias na busca da excelência dos processos produtivos. A manutenção tem influência direta na produção, evidenciando a necessidade de combater e bloquear a ocorrência das falhas, para que as mesmas não coloquem em risco a produtividade e qualidade dos produtos.

Segundo Xenos (2004), existem três grandes categorias de causas para falhas: falta de resistência, uso inadequado ou manutenção inadequada. A falta de resistência decorre da deficiência do projeto, e as falhas ocorrerão em condições normais, mas que os equipamentos não foram projetados para suportar. O uso inadequado significa que o equipamento está sendo submetido a esforços acima de sua capacidade, nesse caso as falhas ocorrem devido a erros de operação. Finalmente, a manutenção inadequada indica que as ações preventivas e corretivas são insuficientes ou incorretas.

O presente trabalho tem como justificativa aplicar as ferramentas de manutenção para sugestões de melhorias no tratamento de falhas do equipamento elevador de canecas de uma indústria química, visando levantar dados e aplicar medidas que ajudem a manter esse ativo em pleno funcionamento, evitando a reincidência de falhas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Aplicar as ferramentas de manutenção, que visam o tratamento de falhas, para propor sugestões ao sistema de tratamento de falhas do equipamento elevador de canecas de uma indústria química, produtora de hidratos e aluminas especiais.

### 1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre manutenção e as ferramentas de manutenção utilizadas no tratamento de falhas;
- Realizar um levantamento dos principais indicadores e variáveis, com base na literatura para a elaboração de um instrumento de coleta de dados;
- Apresentar o equipamento estudado;
- Aplicar o instrumento de coleta de dados no equipamento;
- Aplicar as ferramentas de manutenção (Modos de falhas, Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa, 5W2H) na elaboração de melhorias do sistema de tratamento de falhas do elevador de canecas, com o intuito de cercar possíveis causas das falhas e antecipá-las, aumentando a confiabilidade e disponibilidade do equipamento.

### 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho será dividido em cinco capítulos e será redigido de acordo com o padrão das normas ABNT e do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto, apresentando-se conforme a estrutura a seguir:

O primeiro capítulo consiste de uma breve introdução ao tema e formulação do problema, apresenta ainda a justificativa para o estudo e os objetivos geral e específico do trabalho, bem como a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo diz respeito à fundamentação teórica dos conceitos e teorias da manutenção através de uma revisão bibliográfica sobre diversos conceitos em engenharia de manutenção e melhoramento que envolvem o tratamento de falhas.

O terceiro capítulo diz respeito à metodologia de pesquisa utilizada para coleta de dados, forma como foram feitas as coletas de dados.

De posse dos dados, no quarto capítulo serão apresentados os resultados e discussões sobre os dados do equipamento. As análises demonstrarão o diagnóstico da situação do equipamento e as prováveis causas para as falhas recorrentes e apresentarão possíveis propostas de melhoria a serem efetuadas no sistema de tratamento de falhas.

Por fim o quinto e último capítulo traz a conclusão do estudo realizado, apontando possíveis soluções para a pergunta problema e levantando oportunidades para estudos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre os conceitos de manutenção mecânica e ferramentas da manutenção, a fim de realizar uma abordagem detalhada relativa à elaboração de um plano de ações para melhoria do sistema de tratamento de falhas. Para isso, será apresentada a história da manutenção, caracterização da mesma quanto aos seus tipos, conceitos que envolvem engenharia de manutenção, gestão da manutenção, conceitos de ferramentas utilizadas na engenharia de manutenção, conceito de falhas e tratamento de falhas as considerações sobre o equipamento estudado.

## 2.1 Definição de Manutenção

Ferreira (1986) define a manutenção como as medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação, bem como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

Kardec (2001) conceitua a função da manutenção de forma mais ampla, como: garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de forma a atender a produção ou o serviço com confiabilidade, segurança, preservando o meio ambiente e mantendo os custos adequados.

Segundo Monchy (1987) a manutenção é elemento chave para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos, considerada um desafio industrial que exige rediscutir as estruturas existentes e promover métodos que se adaptam aos novos materiais.

## 2.2 Histórico e Evolução da Manutenção

Segundo Tavares (2000), a história da manutenção acompanha a evolução e o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade. Com a mecanização industrial, no final do século XIX, surgiu a necessidade dos primeiros reparos nos equipamentos. Até 1914, a manutenção era executada pelo próprio efetivo de operação, e tinha papel secundário nas empresas. Posteriormente, com a implantação da produção em série por Ford e com o advento da Primeira Guerra Mundial, as fábricas estabeleceram programas de produção e equipes responsáveis por realizar reparos nos equipamentos no menor tempo possível. Kardec e Nascif (2001) propõem que a partir de 1930 a manutenção pode ser dividida em quatro gerações. A tabela 1 apresenta as quatro gerações e a evolução da abordagem da manutenção ao longo dos anos.

Tabela 1: Evolução da Manutenção

<b>Geração</b>	<b>Período</b>	<b>Principais mudanças</b>
<b>Primeira Geração</b>	Antes da Segunda Guerra Mundial	Os equipamentos eram simples e superdimensionados, e a indústria pouco mecanizada. A produtividade não era priorizada e, conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada, as manutenções eram realizadas de forma não planejada, apenas em limpeza, lubrificação e pequenos reparos após a quebra.
<b>Segunda Geração</b>	Entre os anos 50 e 70, após a Segunda Guerra Mundial	Ocorre um aumento demanda de produção simultâneo à escassez de mão de obra. Como consequência, as instalações industriais ficaram mais complexas e houve forte aumento da mecanização. Com a busca de maior produtividade e melhor desempenho das máquinas, exigiu-se uma maior disponibilidade e confiabilidade dos mesmos, levando ao começo do conceito de manutenção preventiva. A partir da década de 60 a manutenção preventiva começou a ser implantada através de manutenções realizadas entre intervalos fixos de tempo.
<b>Terceira Geração</b>	A partir da década de 70	Acelerou-se o processo de mudança na indústria. Os custos e a qualidade dos produtos, afetados pelas paralisações da produção, era uma preocupação generalizada. O conceito de manutenção preditiva se consolidou e o avanço da informática reforçou desenvolvimento do controle e planejamento dos serviços de manutenção.
<b>Quarta Geração</b>	Atual	Ocorre a consolidação das atividades de engenharia da manutenção, tendo como maiores justificativas a garantia da disponibilidade, confiabilidade e da mantabilidade. As práticas de manutenção preditiva e monitoramento da condição real dos equipamentos são cada vez mais aplicadas a partir daí. A nova sistemática adotada pelas empresas envolvia a interação dos setores de manutenção e operação com objetivo de melhorar os indicadores de custo, vida do equipamento, confiabilidade e disponibilidade.

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2001)

O retrospecto da evolução da manutenção permite observar as mudanças no conceito e na aplicação da manutenção ao longo do tempo, onde no início a preocupação era apenas de restabelecer o equipamento e, com a modernização da indústria, passou a se ter a ideia de prevenção de falhas. A figura 2 ilustra de forma resumida a evolução do conceito de manutenção entre as gerações.

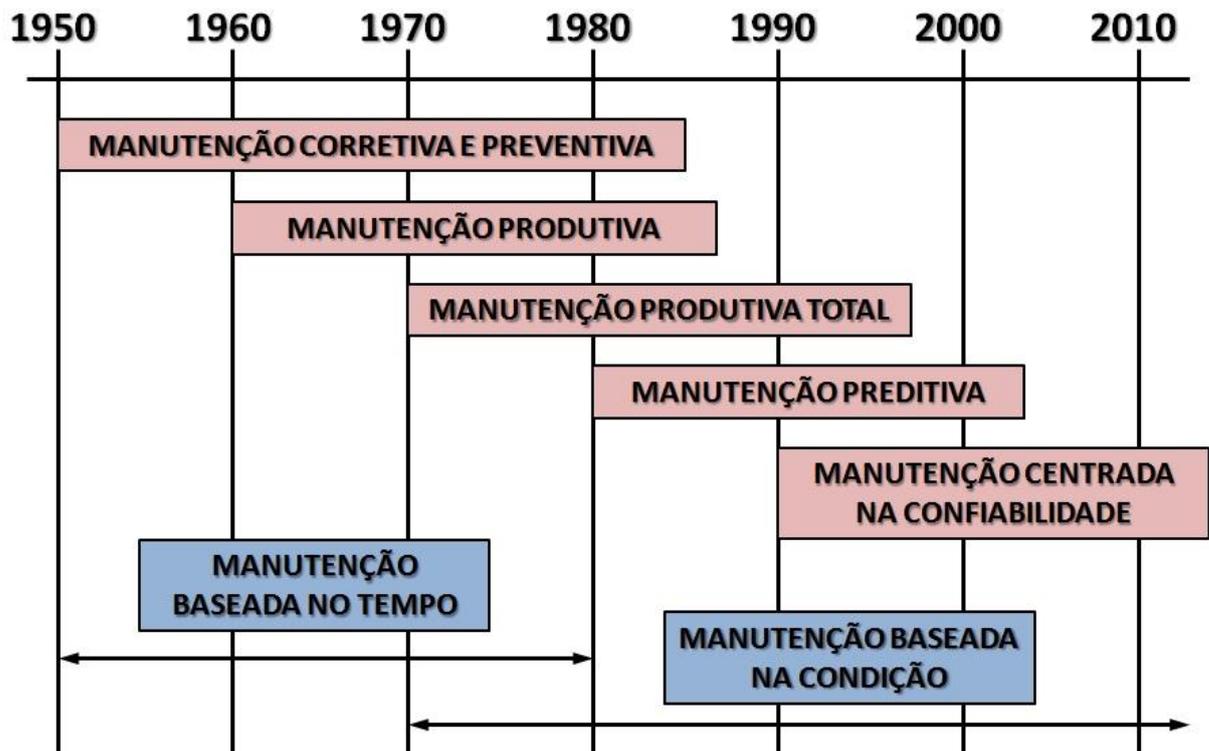


Figura 2: Evolução da Manutenção

Fonte: <http://mcc-facic.blogspot.com/2016/01/manutencao-evolucao-historica.html> (2018)

### 2.3 Tratamento de falhas

Campos (1992) conceitua problema como um resultado indesejável de um processo. Ou seja, algo fora do planejado previamente para o processo estabelecido. Segundo Kepner e Tregoe (1981), um problema é um efeito visível, cuja causa encontra-se em algum fato ocorrido anteriormente. O autor ainda aborda que sempre que existir uma situação em que determinado nível de desempenho não é alcançado e que a causa associada é desconhecida, isso constitui um problema. Shook (2008) propõe uma definição similar, de que “um problema é qualquer desempenho diferente do desejado em qualquer dado momento”. Segundo o mesmo autor, um problema também pode ser entendido como algo que se

apresenta como uma barreira, um impedimento, evitando que a organização alcance as suas metas e objetivos.

Segundo Aguiar (2014), há casos em que uma máquina ou um processo não possuem desempenho de acordo com o padrão planejado, ou seja, o padrão alcançado não é o esperado. Isso também constitui um problema, pois se trata de um nível de desempenho definido, mas não alcançado devido ao não atendimento de condições mínimas requeridas inicialmente.

Existindo um problema, também é possível associá-lo a atividades de melhoria. Shook (2008) propõe sobre sua representação de melhoria de qualidade através do aumento ou melhoria do padrão em que as atividades são executadas e através da solução de problemas.

Uma vez que se tenha um problema, o fato de solucioná-lo, ou seja, resolver os seus sintomas e suas causas pode levar a elevação do padrão de qualidade da organização. Assim, com a ocorrência de um novo problema, a partir novamente da resolução dos sintomas e causas dos problemas, tem-se a chance de através do padrão atual, elevar ainda mais o padrão de qualidade e conseqüentemente promover novamente a melhoria.

Shook (2008) ainda defende uma abordagem sobre a visão que as organizações dispõem sobre erros e problemas. A maioria das organizações enxerga os problemas de forma negativa, mas de outro modo, estes devem ser vistos como oportunidades de melhoria para os processos. Então, manifesta-se a necessidade de uma mudança cultural, a respeito da filosofia de: “problemas são ruins – esconda-os” dar lugar a uma nova filosofia: problemas ocorrem – “comemore por tê-los encontrado”. Pior seria para uma organização se o existindo o problema, e por falta de diagnóstico ele continuasse causando impactos ruins.

Outro importante ponto de se enfatizado pelo autor é que a definição de problema e sintoma de problema, que muitas vezes é confundida. O sintoma de um problema pode ser entendido como a forma como o problema é percebido por alguém que está lidando com um processo ou equipamento. É importante compreender que o sintoma é o que salta aos nossos olhos, porém a causa, somente depois de investigação, pode ser diagnosticada. O sintoma deve ser tratado, mas para resolver o problema de vez, evitando que este ocorra novamente, a causa raiz precisa ser descoberta e ações corretivas precisam ser tomadas.

Kardec & Nascif (2001) conceituam falha como “cessação da função de um item ou incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho previsto”.

Segundo Xenos (1998) as falhas nos equipamentos raramente possuem uma única causa fundamental. Em verdade, as falhas são geralmente causadas pela interação de várias

causas fundamentais menos significativas. Desse modo, uma investigação das causas fundamentais deve ser extremamente abrangente e levar em consideração diversos aspectos diferentes.

Ainda segundo Xenos (1998), algumas causas de falhas não estão relacionadas com o equipamento em si e podem ser encontradas nas atitudes e habilidades das equipes de manutenção, por exemplo, quando não é observado o cumprimento dos padrões de manutenção e operação.

Para permitir o diagnóstico de falhas de forma eficiente e evitar reincidências, as organizações devem contar com um sistema de tratamento de falhas eficiente e que atinja as causas fundamentais dos problemas.

#### **2.4 Sistema de tratamento de falhas**

Xenos (1998) conceitua que “um sistema de tratamento de falhas é, essencialmente, uma estrutura formal de gerenciamento de informações sobre falhas e das ações subsequentes”.

Ainda segundo o autor, a principal característica desse sistema é que ele permite ir além de apenas ações corretivas, exercitando as equipes de manutenção no diagnóstico das causas fundamentais das falhas e no estabelecimento de eficazes planos de contramedidas.

Uma mudança de atitudes precisa ser observada não somente no departamento de manutenção, mas deve acontecer simultaneamente no departamento de produção. É necessário que as duas equipes entendam que as falhas não deveriam ocorrer, ao invés de lidar com as falhas como acontecimentos inevitáveis, e dessa forma esforçarem-se para romper o círculo vicioso das falhas.

Xenos (1998) estabelece que na ocorrência de falha de um equipamento, com interrupção da produção, existem dois tipos de ações a serem tomadas:

- Ação corretiva: A primeira ação deve ser o reparo imediato do equipamento, com o objetivo de minimizar a interrupção do processo produtivo. A ação corretiva visa apenas a remoção do sistema da falha e o reestabelecimento da operação do equipamento.
- Ação de bloqueio da causa fundamental: Após reestabelecido o funcionamento do equipamento, é preciso tomar contramedidas de bloqueio das causas

fundamentais da falha, para evitar sua reincidência. Esta ação inclui o planejamento de um plano de ações e implementação de contramedidas, começando no local da ocorrência, durante a remoção do sintoma. Para viabilizar o planejamento desta ação, a ferramenta 5W2H, que será discutida posteriormente, pode ser aplicada.

Xenos (1998) ainda discute sobre a importância da detecção e relato das falhas, segundo o autor, os operadores devem estar treinados para identificar e relatar os sinais das falhas, antes que elas ocorram. A partir da detecção da falha ou anomalia, o operador deve, imediatamente, solicitar o reparo do equipamento.

A tabela 2 apresenta os principais aspectos a serem observados na busca de causas fundamentais.

Tabela 2: Principais aspectos observados na busca das causas fundamentais de falhas

<b>PRINCIPAIS ASPECTOS A SEREM OBSERVADOS NA BUSCA DAS CAUSAS FUNDAMENTAIS DAS FALHAS</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>CONTEÚDO DA OBSERVAÇÃO</b>
Padronização da Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existem padrões de inspeção? A periodicidade das inspeções e seus critérios de julgamento (valores-padrão) estão definidos?</li> <li>• Existem padrões de troca das peças? A periodicidade das trocas e seus critérios de julgamento estão definidos?</li> <li>• Existem procedimentos de inspeção, reforma e troca de peças (manuais de manutenção)?</li> <li>• Existem meios para registrar os resultados reais das inspeções, reformas e trocas de peças?</li> </ul>
Cumprimento dos Padrões de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As inspeções, regulagens e trocas de peças dos equipamentos estão sendo feitas com base nos padrões e de acordo com a periodicidade estabelecida?</li> <li>• As inspeções, regulagens e trocas de peças estão sendo feitas com base nos procedimentos (manuais de manutenção)?</li> <li>• Os resultados reais das inspeções, regulagens e trocas de peças estão sendo registrados?</li> </ul>
Condições de operações dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existem procedimentos padrão para operar os equipamentos (manuais de operação)?</li> <li>• Os equipamentos estão sendo operados de acordo com os procedimentos padrão?</li> </ul>
Ambiente de Operação dos Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O ambiente de operação dos equipamentos é favorável?</li> <li>• Observar o ambiente de operação quanto a presença de poeira, água, óleo, eletricidade estática e agentes corrosivos e quanto às condições desfavoráveis de temperatura, umidade e vibração.</li> </ul>
Evidências das peças danificadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As especificações do equipamento estão disponíveis? Verificar se existem erros de projeto ou fabricação das peças do equipamento quanto à resistência dos materiais, tipos de materiais utilizados e dimensionamento. Introduzir melhorias.</li> <li>• Houve erro de operação ou sobrecarga do equipamento, ultrapassando sua capacidade? Revisar os procedimentos padrão de operação. Respeitar à capacidade do equipamento e introduzir melhorias para atender às necessidades de produção quanto ao volume, velocidade e carga.</li> <li>• Houve erro de manutenção durante a inspeção, regulagem e troca de peças dos equipamentos? Revisar padrões de manutenção.</li> </ul>
Outros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Houve erro na compra das peças de reposição (peças de especificação)?</li> <li>• As condições de manuseio e armazenamento das peças de reposição?</li> <li>• Houve erro durante a inspeção de recebimento das peças de reposição?</li> <li>• O conhecimento e habilidades do pessoal de manutenção e produção são adequadas? Verificar se o ambiente de trabalho contribui para os erros de manutenção e operação.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as ferramentas e instrumentos de teste necessários à manutenção e à produção estão disponíveis e calibrados?</li> <li>• Verificar a existência e as condições dos dispositivos de segurança dos equipamentos.</li> </ul>
--	---

Fonte: Adaptado de Xenos (1998)

Além da análise dos aspectos apresentados, existem ferramentas de manutenção capazes de guiar o procedimento de tratamento de falhas até a identificação das causas raízes das falhas. Quando combinadas, as ferramentas de manutenção podem constituir um sistema de tratamento de falhas eficaz.

## 2.5 Métodos e ferramentas de manutenção

### 2.5.1 O Método 5S

O 5S é uma prática originada no Japão, aplicada como pilar para o desenvolvimento do Sistema de qualidade. O nome vem das 5 palavras iniciadas com a letra S que definem as atividades principais (KARDEC E NASCIF, 2001).

De acordo com Vanti (1999), os cinco senso da filosofia 5S são: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu*, *shitsuk*. Em português, são senso de utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina.

Ainda segundo Kardec e Nascif (2001), o 5S pode ser definido como “Estratégia de potencializar e desenvolver as pessoas para pensarem no bem comum”.

A Figura 3 ilustra os princípios básicos de cada senso.

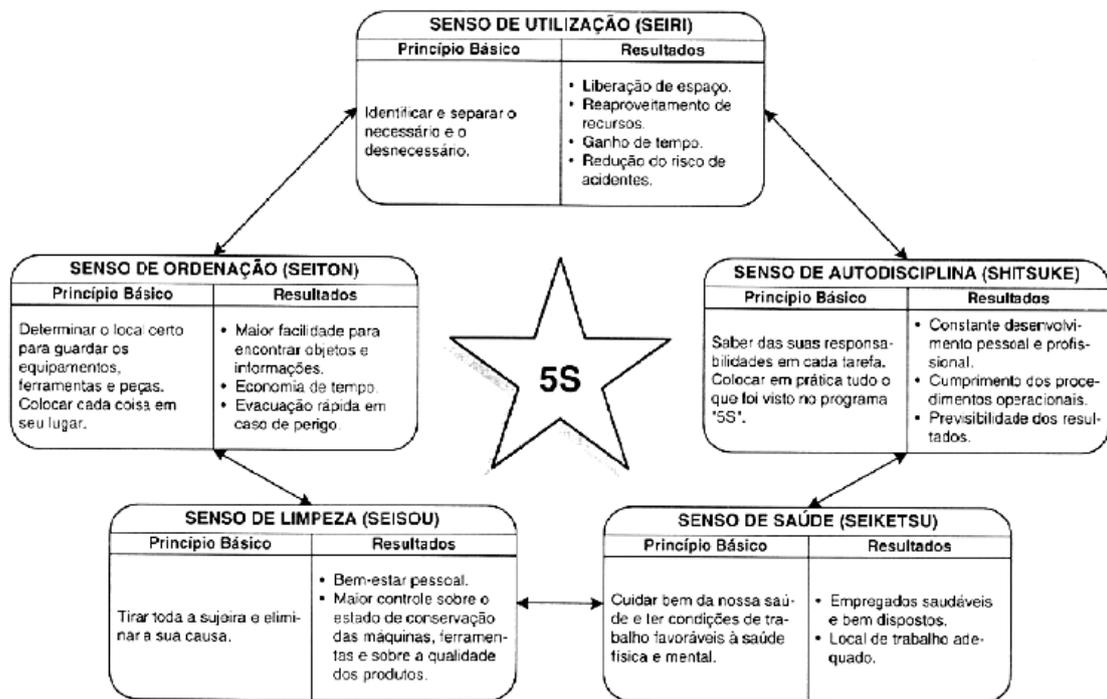


Figura 3: Princípios básicos de cada senso do 5S  
 Fonte: Xenos (2004)

Kardec (2009) afirma ainda que, quando aplicado, o 5S promove, direta ou indiretamente a melhoria da qualidade, prevenção de acidentes, melhoria da produtividade, redução de custos, conservação de energia, melhoria do ambiente de trabalho, melhoria moral dos empregados, incentivo à criatividade, modificação da cultura, melhoria da disciplina, desenvolvimento do senso de equipe e maior participação em todos os níveis.

Xenos (2004) observa que há uma estreita relação entre a filosofia 5S e a manutenção autônoma, onde os operadores são responsáveis pela inspeção do mesmo. Na manutenção, o 5S que não estiver apoiado no entendimento dos princípios de funcionamento dos equipamentos será ineficaz como medida de prevenção de falhas. Dessa forma, quando os operadores são treinados para compreender os princípios de funcionamento por trás das falhas nos equipamentos, o 5S passa a ser aplicado nas partes críticas de forma mais intensa, contribuindo para obtenção de resultados concretos.

### 2.5.2 Diagrama de Causa e Efeito

Segundo Campos (2004), o controle dos processos é parte fundamental do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos de uma empresa. Para controlar um processo é necessário conhecer sua lógica. O passo inicial para um controle eficiente é o entendimento da relação da causa e efeito.

Outra importante ferramenta utilizada no tratamento de falhas é o Diagrama de Causa e Efeito, ou diagrama de Ishikawa. A partir da sua aplicação é possível identificar com precisão a origem de problemas envolvidos no processo de manutenção, ou seja, determinar as causas raízes para que as ações de manutenção eliminem a falha. A figura 4 ilustra um exemplo de aplicação do diagrama de Causa e Efeito.

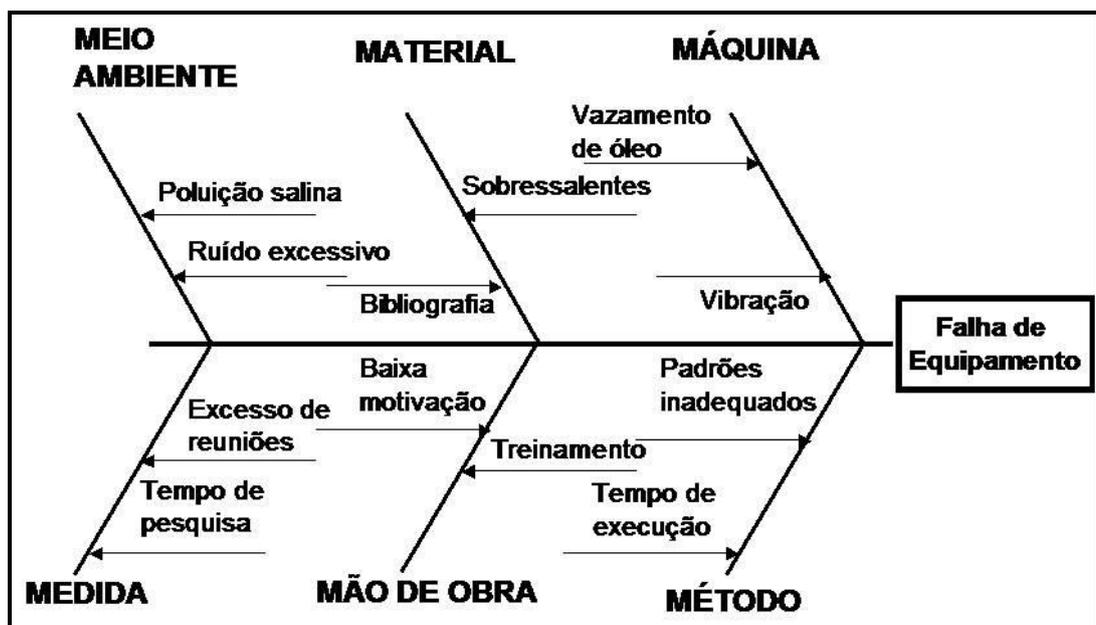


Figura 4: Exemplo de aplicação do Diagrama de Causa e Efeito ou Ishikawa  
 Fonte: [http://www.fabiobmed.com.br/diagrama-de-caoa-e-efeito-de-ishikawa-espinha-de-peixe\(2017\)](http://www.fabiobmed.com.br/diagrama-de-caoa-e-efeito-de-ishikawa-espinha-de-peixe(2017))

Segundo o diagrama de Ishikawa, as causas de um problema ou falha podem ser agrupadas a partir do conceito dos “6M”, que organiza a origem das falhas segundo seis categorias: Meio ambiente, material, máquina, medida, mão de obra e método, facilitando o entendimento de como o processo como um todo pode afetar na causa de uma falha.

O diagrama de Causa e Efeito pode ser organizado ainda por categorias que indiquem palavras chaves específicas do processo ou assunto estudado.

Uma empresa possui um processo principal que é naturalmente dividido em vários processos menores, sejam eles de serviços ou de manufaturas, sendo estas causas para o efeito principal ou produto fim da empresa. Assim o diagrama pode ser usado para analisar os resultados do processo, e os processos menores também podem ser desdobrados em diagramas mais detalhados. “Processo é um conjunto de causas (que provocam um ou mais efeitos)” (CAMPOS, 2004, p.19).

### **2.5.3 Análise 5 Porquês**

Segundo Ohno (1997) o método dos 5 por quês é uma abordagem científica, empregada no sistema Toyota de Produção, para alcançar a causa raiz do problema, geralmente escondida por sintomas óbvios.

Liker (2004) aborda que a aplicação dessa ferramenta permite encontrar a causa primária de um problema, determinando o que aconteceu, por que aconteceu e descobrir as ações necessárias para reduzir a probabilidade de reincidência de tal falha.

O método consiste em perguntar o por quê de um problema sucessivas vezes, para se encontrar a sua causa raiz. Terner (2008).

O método dos 5 Por quês prevê que a primeira pergunta, ou seja, o primeiro dos por quês deve ser construído utilizando o próprio problema, e deve-se responder por quê o problema está ocorrendo. O segundo por quê deve ser construído utilizando a resposta do primeiro por quê. E assim sucessivamente até que se tenha alcançado a causa raiz do problema.

Geralmente, diz-se que no primeiro por quê é apontado um sistema, enquanto no segundo por quê temos uma desculpa, no terceiro um culpado no quarto uma causa e no quinto uma causa raiz. A razão é que quando finalmente questionamos sobre a causa de um problema, há uma tendência a culpar alguma coisa ao contrário de raciocinar e buscar a causa.

Por outro lado, de acordo com Weiss (2011), para análise dos 5 por quês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês (3 por exemplo), ou mais por quês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz. Este método, apesar de simples, pode ser difícil de ser praticado, porque requer disciplina lógica do moderador e da equipe para que as relações de causa e efeito sejam respeitadas na construção da análise. Caso essas relações se percam, a análise pode ficar sem sentido.

### 2.5.4 5W2H

A ferramenta 5W2H surgiu no Japão, introduzida por profissionais da indústria automobilística com intuito de auxiliar a utilização da ferramenta de qualidade PDCA durante estudos sobre a qualidade total, principalmente na etapa de planejamento (SILVA, *et al.*,2013).

Oliveira (1996) expõe que a ferramenta 5W2H é utilizada no planejamento de determinada ação a ser tomada, sendo capaz de orientar as diversas ações que serão implementadas. A ferramenta pode também ser utilizada na descrição de algum problema sobre o qual se necessite um aprofundamento mais amplo para alcançar sua causa raiz.

O mesmo autor ainda aborda que a 5W2H atua como referência para sustentar decisões, permitindo realizar um acompanhamento, incremento ou desenvolvimento de determinado projeto.

A denominação deve-se ao uso de sete palavras em inglês What (o quê), Who (quem), Why (por que), Where (onde), When (quando), How (como), e How much (quanto) que introduzem as sete perguntas que respondem aos aspectos básicos e essenciais de um planejamento (SILVA, *et al.*,2013). A tabela 3 apresenta as perguntas e o que se espera obter como resposta em cada passo da ferramenta.

Tabela 3: 5W2H

<b>What</b>	O que deve ser feito?	A ação, em si
<b>Why</b>	Por que esta ação deve ser realizada?	O objetivo
<b>Who</b>	Quem deve realizar a ação?	Os responsáveis
<b>Where</b>	Onde a ação deve ser executada?	A localização
<b>When</b>	Quando a ação deve ser realizada?	Tempo ou condição
<b>How</b>	Como deve ser realizada a ação?	Modo, meios, método, etc.
<b>How Much</b>	Quanto será o custo da ação a realizar?	Custo, duração, intensidade, profundidade, detalhamento, etc.

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Ainda segundo Silva et. al (2013), as respostas das questões quando interligadas, compõem um plano de ação detalhado e de fácil compreensão e visualização, em que estão definidas não só as ações que deverão ser tomadas, mas também de que maneira e quais serão os profissionais responsáveis pela execução destas.

Segundo Oliveira (1996), o 5W2H pode apresentar-se de diversas formas, permitindo o usuário criar seu próprio formulário adaptado a sua realidade.

### **2.5.5 Gráfico de Pareto**

Segundo Peinado e Graeml (2007) a tese de Pareto foi desenvolvida pelo economista italiano Vilfredo Pareto no final do século XIX. Ao verificar a não uniformidade da distribuição de renda entre as pessoas, Pareto concluiu que 80% das riquezas do país estavam concentradas nas mãos de apenas 20% da população.

No final dos anos 1940, o engenheiro e consultor de administração Joseph M. Juran sugeriu o princípio aplicado à qualidade, e nomeou-o em homenagem ao economista.

A regra básica subjacente ao princípio de Pareto é que, em quase todos os casos, 80% do total dos problemas incorridos são causados por 20% das causas do problema. Portanto, concentrando-se nos problemas principais primeiro, é possível eliminar a maioria dos problemas (TELES, 2018).

Costuma-se dizer também se dizer que: “O diagrama de Pareto serve para separar os poucos problemas vitais dos muitos problemas triviais” (PEINADO E GRAEML, 2007).

Segundo Bussab e Morettin (1987), o diagrama de Pareto é um gráfico de barras utilizado para dados qualitativos, que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. O gráfico mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas. Sua principal utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais relevantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

A figura 5 ilustra uma aplicação do Gráfico de Pareto.

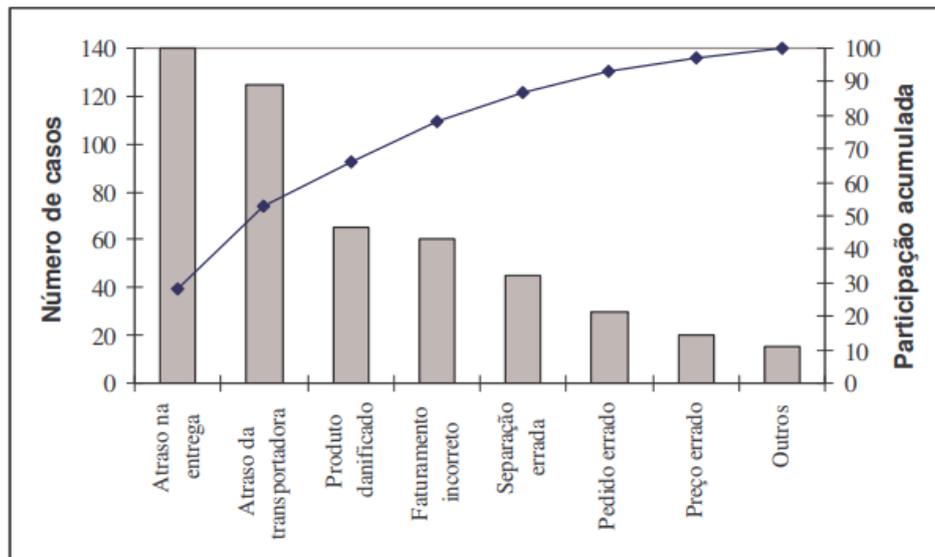


Figura 5: Exemplo de aplicação do Gráfico de Pareto  
Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Teles (2018) aborda que o Diagrama de Pareto, também conhecido como Análise de Pareto, é uma metodologia utilizada para quantificar e conflitar as causas de um evento com o seu determinado efeito.

Na manutenção, o diagrama pode ser aplicado para conflitar as causas de falhas com o número de paradas de um equipamento. Ou seja, é possível identificar quais causas possuem maior impacto na disponibilidade e confiabilidade do equipamento (TELES, 2018).

### 2.5.6 Brainstorming

Brainstorming ou “tempestade de ideias” é uma técnica para explorar o potencial de ideias de um grupo de maneira criativa e com baixo risco de atitudes inibidoras (LIMA,2011).

Segundo Meireles (2001), o método *brainstorming* foi inventado por Alex F. Osborn em 1939 enquanto ele presidia uma importante agência de publicidade. O brainstorming é uma ferramenta utilizada na fase de planejamento durante a busca de soluções, em que um grupo de pessoas cria o maior número de ideias acerca de um tema.

Ainda segundo Meireles (2001), a ferramenta pode ser usada no questionamento de causas, ou ainda para estabelecer uma análise da relação causa-efeito.

## **2.6 Elevador de canecas**

Segundo Weber (2004), o transportador denominado elevador de canecas ou elevador de caçamba, é um equipamento utilizado para elevação vertical de materiais granulados a fim de despejá-los em algum ponto pré-determinado através de calhas ou tubulações.

Considerado o melhor meio de transporte para tal finalidade, os elevadores de canecas são projetados de diversas formas, levando-se em conta as especificações do processo, como altura e características físicas dos materiais granulados.

A descarga dos elevadores pode ser de dois tipos: descarga centrífuga ou gravitacional. Já a sua construção pode ser com correia ou correntes, dependendo da velocidade utilizada no transporte dos materiais granulados.

Em função das características do material a ser transportado, os elevadores podem ser do tipo ou contínuo ou centrífugo e a fixação das canecas se dá por correias ou correntes (WEBER, 2004).

### **2.6.1 Elevadores contínuos**

Os elevadores contínuos caracterizam-se por sua construção com canecas espaçadas, baixa velocidade e também por trabalharem em plano inclinado de 30° na vertical na maioria dos projetos. O equipamento pode ainda operar verticalmente. (WEBER,2004).

Este tipo de elevador de canecas foi construído para elevação de materiais abrasivos e de alta granulometria, mas também são utilizados na elevação de materiais com alta fragilidade ou extremamente finos como cimento e cal. A inclinação e baixa velocidade proporcionam excelente rendimento pela facilidade de alimentação total das canecas e também pela descarga mais suave do material transportado. O espaçamento entre as canecas é quase inexistente e seu formato proporciona total carregamento, além de fazer com que na descarga a caneca da frente sirva de calha de descarga do material da caneca seguinte.

Segundo Yamaki (2014), os elevadores contínuos ainda podem ser divididos em elevadores contínuos de correia e elevadores contínuos de correntes:

- Contínuos de correia: são normalmente empregados no transporte de materiais frágeis, pulverizáveis ou fluidos e, portanto operam em baixas velocidades. O

carregamento se dá por alimentação direta e seus conjuntos de cabeceira são maiores que dos elevadores centrífugos.

- Contínuos de corrente: utilizados no transporte de materiais pesados e de maior granulometria. As canecas são fixadas por um par de correntes acionadas por rodas dentadas.

### **2.6.2 Elevadores centrífugos**

Os elevadores centrífugos são elevadores que possuem as canecas espaçadas em sua construção, operam na vertical e em velocidade maior que os contínuos. A descarga do material elevado é feita pela ação da força centrífuga desenvolvida quando as canecas passam ao redor do tambor de acionamento. É indicado para elevação de materiais de livre vazão, tais como grãos, areia, carvão triturado e produtos químicos secos (WEBER, 2004).

Os espaçamentos das canecas na elevação de materiais que ocorre em elevadores industriais devem ser de duas a três vezes o valor de sua projeção. Os elevadores de caneca centrífugos também podem ser divididos em centrífugos de correia ou centrífugos de corrente:

- Centrífugos de correia: normalmente utilizados para transporte de materiais finos, secos e de fácil escoamento, e que não possuem fragmentos que possam danificar a correia. Suas canecas são fixadas diretamente na correia por parafusos, com o espaçamento ideal para permitir o basculamento da caneca;

- Centrífugos de corrente: também utilizados para materiais de escoamento fácil e não abrasivos, que possam estar depositados no fundo do transportador. Para o deslocamento da corrente são utilizadas rodas dentadas, que impossibilitam o deslizamento durante os carregamentos (WEBER, 2004).

### **2.6.3 Principais componentes dos elevadores de canecas**

O elevador de canecas é composto basicamente por cinco componentes: o pé do elevador, as calhas, a corrente com canecas, cabeça e o acionamento.

O pé do elevador é um componente existente na parte inferior do elevador onde é realizado o carregamento do material a granel. A operação de carregamento se for efetuado pelo lado ascendente das canecas deve ter a bica de carga acima do eixo da roda dentada

inferior de esticagem da corrente, já quando for realizado pelo lado descendente das canecas a bica deve estar abaixo deste eixo (YAMAKI, 2014). A figura 6 ilustra a configuração de um pé de elevador de canecas.

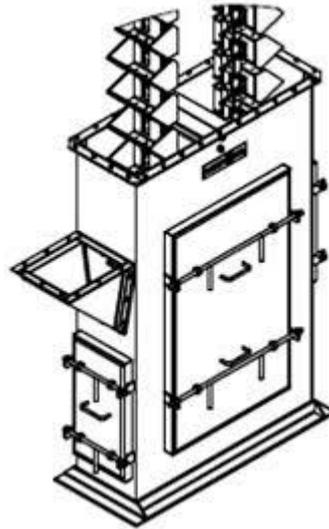


Figura 6: Pé do elevador de canecas  
Fonte: Rexnort Correntes LTDA (2013)

Ainda segundo Yamaki (2014), o corpo do elevador é a parte que compreende entre a cabeça e o pé do elevador. No seu interior são efetuados os movimentos ascendentes e descendentes das canecas. O corpo tem sua construção de forma modular, com suas extremidades flangeadas e comprimentos de 24 variáveis de meio, um e dois metros, sendo confeccionados de chapa de aço. A figura 7 ilustra as formas de movimentos ascendentes e descendentes das canecas.

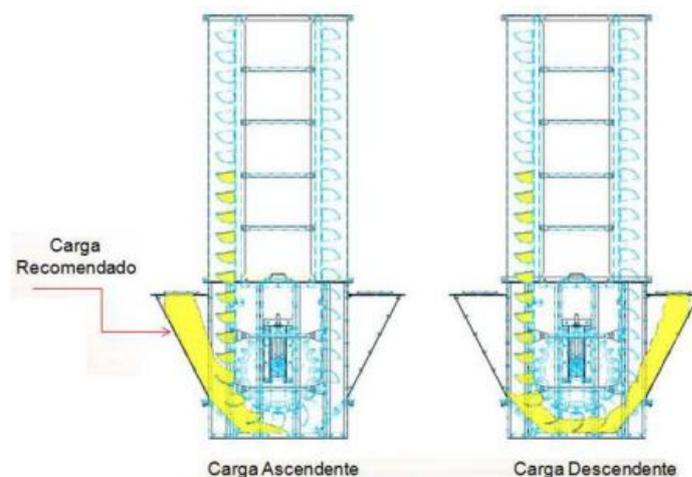


Figura 7: Movimento ascendente e descendente no elevador de canecas  
Fonte: Kepler Weber(2004)

Na cabeça do elevador, ilustrada pela figura 8, é realizada a descarga do material transportado. Neste componente encontra-se a unidade de acionamento completa, na qual a roda de acionamento é posicionada, juntamente com o freio de retrocesso e a calha de descarga. A boca de descarga situa-se sempre no lado descendente das canecas. A descarga do produto ocorre por ação de forças centrífugas ou gravitacionais (YAMAKI, 2014).

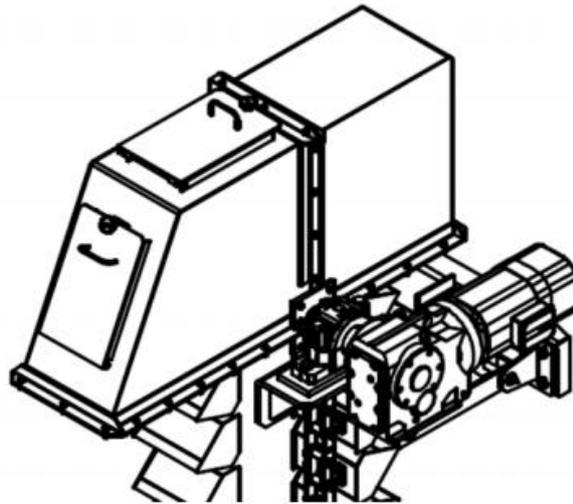


Figura 8: Cabeça do elevador de canecas  
Fonte: Rexnord Correntes LTDA (2013)

Outros importantes componentes do elevador de canecas são os tambores de acionamento e de retorno. O tambor de acionamento é o responsável pelo movimento das correias onde são fixadas as canecas. No tambor de retorno está localizado o esticador, responsável por alinhar e tensionar a correia com a caneca. A figura 9 ilustra um exemplo de tambor de acionamento utilizado nos elevadores de canecas.



Figura 9: Tambor de acionamento de um elevador de canecas  
Fonte: <http://www.espmetalurgica.com.br/produtos> (2018)

## **2.7 Considerações finais**

Neste capítulo foi feito o embasamento teórico a partir da revisão bibliográfica do equipamento elevador de canecas, da história da manutenção, definições de manutenção, formas de manutenção e ferramentas de manutenção.

Este embasamento permite a aplicação das ferramentas e conhecimentos de manutenção com intuito de responder a pergunta problema proposta e apresentar as sugestões esperadas com o estudo.

No capítulo seguinte serão apresentadas a metodologia de pesquisa adotada pelo trabalho.

### 3 METODOLOGIA

O terceiro capítulo tem como objetivo descrever as características do desenvolvimento da pesquisa, dando importância a sua classificação, a área a qual a pesquisa será desenvolvida, instrumentos e métodos utilizados para a coleta de dados definidos como indicadores para análise do problema proposto.

#### 3.1 Tipos de Pesquisa

Segundo Gil (2002), o método científico compreende um conjunto de dados iniciais e um sistema de operações ordenadas e organizadas para a formulação de conclusões, de acordo com os objetivos predeterminados.

Segundo Diehl (2004), a escolha do método de pesquisa se dará pela natureza do problema e com o nível de aprofundamento, podendo ser classificada em:

- Pesquisa quantitativa é caracterizada pela quantificação dos dados, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se de técnicas estatísticas (RICHARDSON, 1999) visando a obtenção de resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança (DIEHL, 2004).
- Pesquisa qualitativa, por sua vez, descreve a complexidade de determinado problema a partir da compreensão e classificação dos processos dinâmicos vividos nos grupos, a fim de contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos (RICHARDSON, 1999).

De acordo com Gil (2002), a classificação de pesquisas com base em seus objetivos gerais possibilitam a formação de um conceito. Mas, torna-se também necessário traçar um modelo conceitual e operativo da pesquisa, permitindo confrontar a visão teórica com os dados vistos na prática.

As pesquisas científicas têm como propósito analisar e entender os fenômenos que ocorrem em ambientes distintos e de diferentes formas a partir dos conhecimentos disponíveis. A maioria dos autores classifica pesquisa quanto a sua finalidade e procedimentos técnicos a ela empregados, como: explicativa, exploratória, descritiva, estudo de caso, bibliográfica, participante e pesquisa-ação. Dessa maneira, tem-se a classificação, quanto aos objetivos, de uma pesquisa em:

- Pesquisa exploratória: segundo Richardson (1999) este tipo de pesquisa caracteriza-se por um estudo mais aprofundado sobre os conhecimentos das características de determinado tema a fim de encontrar explicações das suas causas e consequências.

- Pesquisa descritiva: Rudio (1980) define pesquisa descritiva como uma análise aprofundada da realidade pesquisada. Esse tipo de pesquisa objetiva identificar correlações entre as variáveis, analisando os fatos, classificando-os e interpretando-os.

- Pesquisa explicativa: é baseada em experimentos, envolvendo hipóteses especulativas e a definição de relações causais (VERGARA, 2006). Santos (1999) destaca que o objetivo da pesquisa explicativa consiste na criação e explicação de determinada teoria sobre um processo, fenômeno e/ou fato.

A partir das definições apresentadas, o estudo deste trabalho se caracteriza por uma pesquisa qualitativa, uma vez que os valores obtidos pela tabulação dos dados e aplicação das ferramentas de manutenção deverão ser analisados e interpretados de modo que sejam eliminados erros de leitura, levando em conta as particularidades do processo na tomada de decisões para melhoria do sistema.

O presente trabalho pode também ser definido como pesquisa exploratória, visto que, para Zikmund (2000), os estudos exploratórios, geralmente, são úteis para diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novas idéias. Esses trabalhos são conduzidos durante o estágio inicial de um processo de pesquisa mais amplo, em que se procura esclarecer e definir a natureza de um problema e gerar mais informações que possam ser adquiridas para a realização de futuras pesquisas conclusivas.

Dessa forma, o presente trabalho tem características que definem uma pesquisa exploratória, visto que tem como objetivo expor o problema do sistema de tratamento de falhas do equipamento, com intuito de diagnosticar falhas recorrentes a partir de ordens de serviço e propor, a partir do estudo, melhorias nas atividades realizadas pela área de manutenção.

Da perspectiva dos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa participante. Dentre eles, destacam-se dois procedimentos: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é fundamental em qualquer pesquisa científica, uma vez que elimina-se a possibilidade de realizar esforços em trabalhos cuja soluções já foram encontradas.

Segundo Gil (2002), o presente trabalho adota uma pesquisa bibliográfica, visto que é desenvolvida com base em material previamente elaborado, composto principalmente de livros, teses e artigos científicos.

Gil (2002) aborda ainda que, o estudo de caso é caracterizado quando a pesquisa envolve o estudo aprofundado de alguns poucos objetivos de forma que se permita seu detalhamento e amplo conhecimento, classificando ainda o presente trabalho como estudo de caso.

### **3.2 Materiais e Métodos**

A partir das definições tomadas no capítulo anterior, iniciou-se uma pesquisa com base no *software* de manutenção utilizado pela empresa em questão. Através do *software* denominado TOTVS, é possível coletar o Histórico de Manutenção atual do Elevador de Canecas e suas Ordens de Serviços (OS). Tais ordens são originadas a partir da detecção de alguma anomalia ou falha do ativo. As ordens de serviço podem ser utilizadas para realizar um levantamento do histórico de falhas do elevador.

Outro item importante como fonte de pesquisa a ser utilizado é o manual do fabricante que auxiliará na compreensão do equipamento e servirá de base para possíveis propostas de melhorias a serem executadas no plano de ações.

O conhecimento da equipe técnica envolvida com a manutenção também será outro fator importante, pois a experiência e o contato diário da equipe com o equipamento auxiliará na detecção de causas raízes das falhas e elaboração de medidas de melhoria.

Por fim, será feito uma análise do histórico de falhas do equipamento e suas respectivas ações de manutenção da máquina a fim de observar o que de fato é feito, analisar os dados a partir do uso das ferramentas de manutenção: análise dos modos de falha, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, 5 porquês e 5W2H e encontrar sugestões para o tratamento de falhas do equipamento.

A figura 10 ilustra um fluxograma do roteiro das atividades que serão desenvolvidas para execução do trabalho.

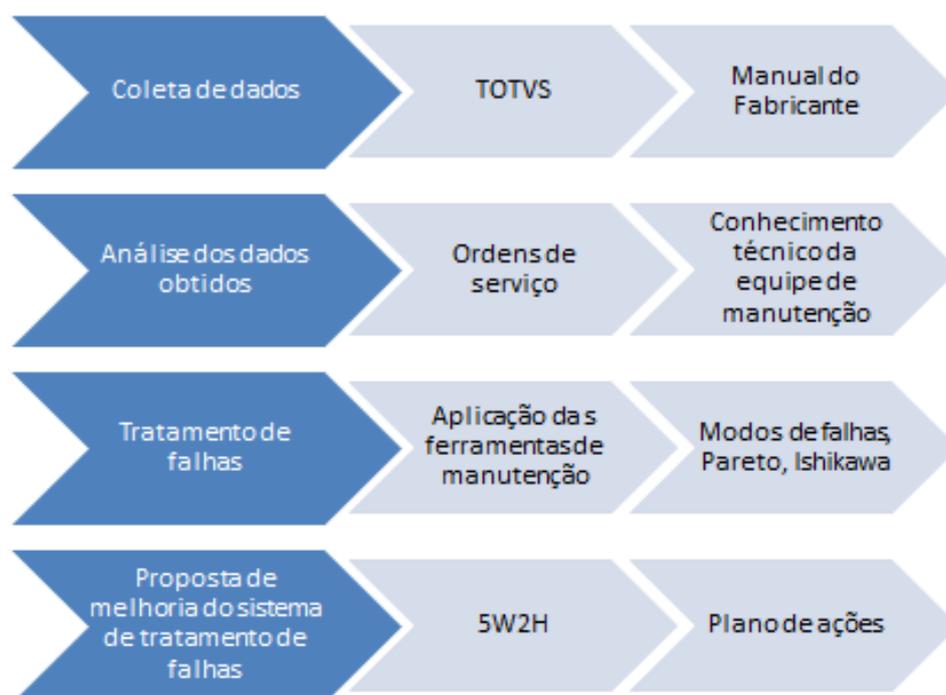


Figura 10: Fluxograma do roteiro de atividades  
 Fonte: Pesquisa Direta (2018)

De acordo com a figura 10, a primeira etapa do estudo será a coleta de informações sobre o elevador de canecas através do *software* de manutenção utilizado pela empresa e do manual fornecido pelo fabricante do equipamento, a fim de conhecer melhor sobre seu funcionamento e suas características de operação. Tendo em mãos as ordens de serviço, será possível analisar os dados de manutenção e criticá-los juntamente com o conhecimento dos técnicos responsáveis pelo equipamento. Como terceiro passo, serão aplicadas ferramentas de manutenção nos dados tabulados em Excel, a fim de diagnosticar as condições atuais de falhas e estabelecer os pontos do sistema de tratamento de falhas onde devem ser aplicadas as melhorias. Por fim, será aplicado o 5W2H com as informações obtidas através das demais ferramentas de manutenção, possibilitando estabelecer o plano de ações mais adequado ao processo.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Para melhor compreensão da pesquisa e análises realizadas neste trabalho, é importante a compreensão dos conceitos de variáveis e indicadores envolvidos, para que os parâmetros sejam determinados de forma correta para solução do problema proposto.

As variáveis são propriedades que podem ser analisadas (ou mensuradas), sob as mesmas condições, em cada elemento de um fenômeno. Uma variável analisada deverá gerar resultado (BARBETTA 1998).

Para Tadachi & Flores (1997), os indicadores são abordados como formas mensuráveis que representam características de processos e produtos, possibilitando o controle e a qualidade dos mesmos ao longo de determinado período.

A Tabela 4 apresenta as variáveis e indicadores abordados no trabalho.

Tabela 4: Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Ferramentas de Manutenção	5W2H
	Gráfico de Pareto
	Diagrama de Ishikawa
Sistema de tratamento de falhas	Tipo de falhas
	Ordens de serviço
	TOTVS
	Descrição das atividades

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

### 3.4 Instrumento de coleta de dados

Na Tabela 5 estão representadas as técnicas de coletas de dados utilizadas neste trabalho.

Tabela 5: Técnicas de coletas de dados

<b>Técnica de coleta</b>
Busca no banco de dados do <i>software</i> de gestão TOTVS
Acompanhamento da manutenção
Consulta ao manual de operação do equipamento
Entrevistas aos profissionais da área

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

O instrumento para coleta de dados definido para o trabalho, exemplificado na tabela 6, foi escolhido para facilitar a interpretação dos dados e consequente entendimento, com base no tipo de pesquisa utilizado.

Tabela 6: Instrumento de coleta de dados

<b>Histórico de Falhas</b>				
<b>Equipamento: Elevador de canecas</b>			<b>Período: Janeiro/2016 a Outubro/2017</b>	
<b>TAG: ELE-0011</b>				
<b>n° da OS</b>	<b>Modo de falha</b>	<b>Data</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Origem</b>

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

### 3.5 Tabulação e análise de dados

As informações serão obtidas por meio de observações diretas no equipamento, coleta de dados no manual do fabricante, análise de ordens de trabalho, planos de manutenção obtidas no *software* de gerenciamento da manutenção TOTVS e acompanhamento das atividades de manutenção realizadas atualmente. Os dados coletados serão manipulados através do *software* Microsoft Excel. Através das interfaces simples do *software*, a visualização e análise dos dados são facilitadas. O armazenamento será feito no *software* Microsoft Word.

### **3.6 Considerações finais**

Neste capítulo foram destacadas as ferramentas a serem utilizadas para a realização do estudo de caso em questão, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objetivo proposto na mesma.

No próximo capítulo serão expostas as análises dos dados coletados pela pesquisa, a aplicação de ferramentas de manutenção e as propostas de melhoria do sistema de tratamento de falhas como resultado deste trabalho.

## **4 RESULTADOS**

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos através dos estudos realizados. Serão abordadas ainda, discussões sobre possíveis melhorias no tratamento de falhas do equipamento, sugeridas pela aplicação das ferramentas de manutenção.

### **4.1 Caracterização da Empresa**

A indústria química em que o elevador de canecas se encontra em operação atua no mercado como especializada na produção de aluminas especiais e hidratos, atendendo ao mercado nacional e internacional. Seus produtos são utilizados como matéria prima para indústrias do setor automotivo, bebidas, construção civil e equipamentos eletrônicos. Atualmente a empresa conta com o apoio de cerca de quatrocentos funcionários.

O elevador de canecas, responsável pelo transporte do hidrato até a secadora, influencia diretamente no processo de produção da empresa, sendo considerado equipamento crítico e monitorado constantemente pelo departamento de manutenção. As responsabilidades do departamento de manutenção são, de maneira geral, a disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade de todos os equipamentos da empresa. Ainda é responsável por: elaboração e alteração de projetos de melhorias físicas nos equipamentos, elaboração e revisão de planos de manutenção dos ativos, acompanhamento e elaboração de relatórios estatísticos de desempenho dos equipamentos, prevenção de falhas das máquinas e propor melhorias práticas relacionadas às atividades de processos, objetivando a preservação dos ativos da empresa.

Para melhor compreensão das interfaces relacionadas ao equipamento em estudo, o organograma da empresa é apresentado pela Figura 11.

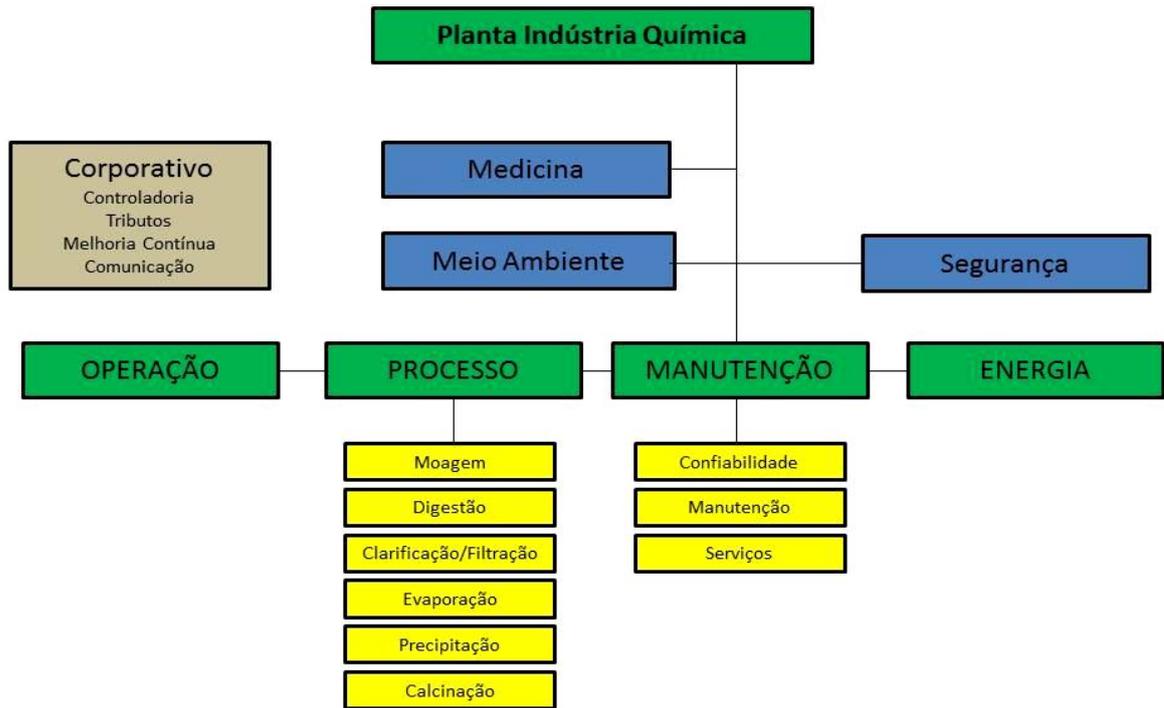


Figura 11: Organograma estrutural da empresa  
Fonte: Pesquisa direta (2018)

A estrutura organizacional apresentada pela Figura 11 é composta por um Gerente de fábrica e em seguida as áreas corporativas que são: Controladoria, tributos, melhoria contínua e comunicação, seguidas pelas áreas de medicina, meio ambiente e saúde.

Logo abaixo estão dispostas as áreas operacionais ou técnicas, que são: Operação, processo, manutenção e energia. Cada uma dessas áreas conta também com um gerente e uma equipe técnica responsável.

O objeto de estudo do trabalho, em particular é o departamento de manutenção. Para maior compreensão é pertinente que se detalhe com maior clareza essa área da empresa, proporcionando um maior entendimento sobre os processos envolvidos.

A Figura 12 expõe de maneira objetiva a distribuição funcional, por hierarquia, do departamento de manutenção.

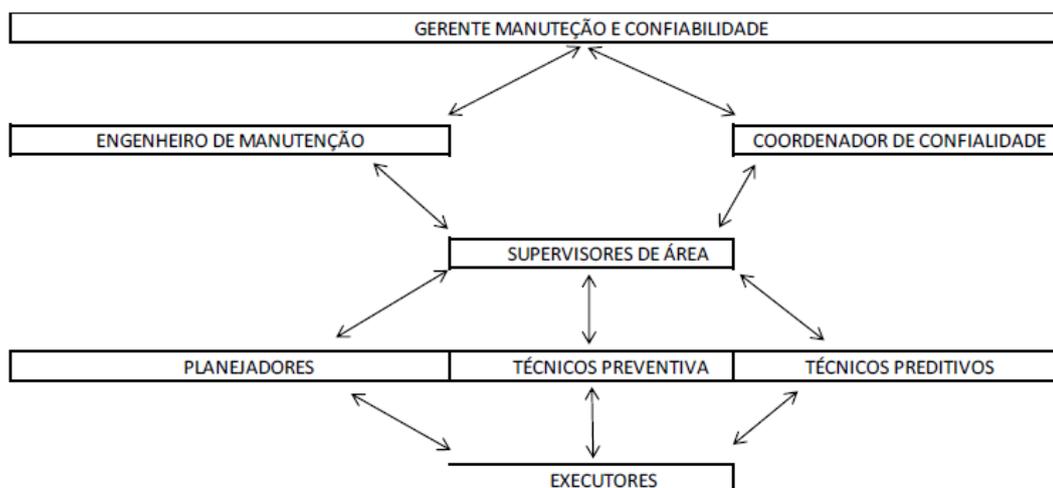


Figura 12: Organograma do departamento de manutenção da empresa  
 Fonte: (FREITAS JR., 2014)

De acordo com a Figura 12, o gerente de manutenção e confiabilidade, localizado no topo do organograma, é o responsável por gerir e desenvolver o setor, controlar os custos e motivar a equipe para alcance de metas. Em seguida, o engenheiro de manutenção é o responsável técnico por todas as atividades realizadas no departamento, cabe a ele ainda, auxiliar no controle de custos e gerenciar a mão de obra do departamento. Ainda no segundo nível, o coordenador de confiabilidade é responsável pela orientação técnica e acompanhamento das atividades de manutenção. No terceiro nível encontram-se os supervisores de cada área, cuja função é orientar e coordenar as atividades, garantindo que sejam realizadas com eficiência e relatando o andamento para o coordenador de confiabilidade e o engenheiro de manutenção. O quarto nível é composto por planejadores de manutenção e técnicos de preventiva e preditiva. Cada um desses cargos é responsável pelas suas atribuições dentro do sistema, como: planejamento, confiabilidade, elaboração de orçamentos e eficiência. Já o quinto e último nível é composto pelos mecânicos e eletricitas, que recebem as ordens de serviço (OS), lançadas no sistema de gestão da manutenção e executam as atividades.

Equipamentos como o elevador de canecas, possuem um plano de manutenção cadastrado no sistema integrado de gerenciamento da manutenção, chamado TOTVS. A empresa segue um plano de manutenção que inclui inspeções e manutenções preventivas periódicas. Ao se atingir o tempo pré-estabelecido pelo plano para execução de manutenção, o sistema emite um aviso informando que o plano de manutenção planejado deverá ser executado.

No caso de ocorrência de falhas, são abertas ordens de serviço para que os mecânicos realizem manutenção corretiva, recolocando o equipamento em condições de operação.

Dessa forma, espera-se que um bom sistema de tratamento de falhas evite a reincidência das mesmas, aumente a disponibilidade física para produção e a confiabilidade, e reduza os custos.

## 4.2 Caracterização do elevador de canecas

O transportador denominado elevador de canecas ou caçambas é um equipamento que tem a finalidade de elevar materiais granulados a uma altura suficiente para despejá-los em algum ponto pré-determinado através das calhas ou tubulações (KEPLER WEBER, 2004). Extremamente robusto, projetados para operar em regime contínuo, o elevador de canecas é considerado o melhor meio de transporte vertical, pela sua eficiência, baixo custo e pequeno espaço físico das instalações, considerando sua aplicação na empresa. O desenvolvimento do projeto de um elevador de canecas é feito levando-se em conta a altura e características físicas dos materiais granulados a serem transportados.

Na indústria objeto de estudo deste trabalho, o hidrato vindo da etapa de precipitação é lavado e filtrado nos filtros Dorrco, onde segue para a secagem, transportado verticalmente pelo elevador de canecas.

A Figura 13 apresenta o princípio de funcionamento de um elevador de canecas.

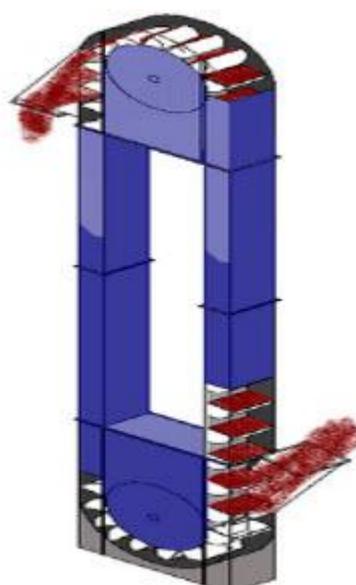


Figura 13: Princípio de funcionamento de um elevador de canecas

Fonte: <https://www.logismarket.ind.br/calderol/elevador-canecas/5271599839-3765941912-p.html>(2018)

O elevador de canecas é composto basicamente por cinco componentes: o pé do elevador, as calhas, a correia com as canecas, cabeça e o acionamento. O carregamento do hidrato nas canecas é realizado no pé do elevador. No interior do corpo do elevador são efetuados os movimentos ascendentes e descendentes das canecas até a descarga do material na cabeça do elevador, completando o transporte vertical do hidrato até o secador. Na cabeça do elevador se encontra a unidade completa de acionamento.

O elevador de canecas do secador de hidratos executa suas operações dentro de uma área da empresa denominada como redução, onde estão contidos os fornos calcinadores, filtros, correias transportadoras e os silos que armazenam o óxido de alumínio. A área de redução é extremamente crítica para o uso de equipamentos mecânicos, pela presença de alto volume de particulado de alumina no ar, oriundo do processo produtivo.

A Figura 14 apresenta o elevador de canecas objeto de estudo deste trabalho.



Figura 14: Elevador de canecas  
Fonte: Pesquisa Direta (2017)

A partir da Figura 14 observa-se a grande presença de matéria prima em contato com as partes mecânicas do equipamento e o grande volume de particulado presente no ambiente.

### **4.3 Diagnóstico da situação atual do Elevador de canecas**

Atualmente o elevador de canecas ELE-0011 possui plano de manutenção elaborado pela própria empresa, incluindo inspeções e manutenção preventiva. A gestão das atividades de manutenção, conforme dito anteriormente, é realizada pelo *software* TOTVS.

A Tabela 7 apresenta o histórico de falhas do equipamento utilizando dados obtidos do *software*, no período de Janeiro de 2016 a Outubro de 2017.

Tabela 7: Histórico de falhas do Elevador de Canecas

<b>Histórico de Falhas</b>				
<b>Equipamento: Elevador de canecas</b>			<b>Período: Janeiro/2016 a Outubro/2017</b>	
<b>TAG: ELE-0011</b>				
<b>n° da OS</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Origem</b>
<b>2110</b>	Reparo vazamentos de material nos eixos e válvulas	08/01/2016	Originada do Plano	Mecânica
<b>4499</b>	Vazamentos de material nos eixos e válvulas	14/01/2016	Emergencial	Mecânica
<b>2112</b>	Vazamento no eixo superior	27/01/2016	Originada do Plano	Mecânica
<b>2270</b>	Desalinhamento correia e extremidade do eixo com desgaste	28/01/2016	Originada do Plano	Mecânica
<b>45166</b>	Trocar titantes de ajustes, vazamento	18/02/2016	Emergencial	Mecânica
<b>15288</b>	Terminais dos cabos de alimentação danificados	25/02/2016	Originada do Plano	Elétrica
<b>45682</b>	Vazamento	29/02/2016	Emergencial	Mecânica
<b>46284</b>	Correias danificadas	15/03/2016	Emergencial	Mecânica
<b>2120</b>	Vazamentos de material nos eixos e válvulas	16/03/2016	Originada do Plano	Mecânica
<b>48138</b>	Correia desalinhada e rolamento danificado	21/03/2016		
<b>2121</b>	Vazamentos de material nos eixos e válvulas	27/03/2016	Originada do Plano	Mecânica
<b>2122</b>	Vazamento nas laterais da ponta de eixo do rolo inferior	28/03/2016	Originada do Plano	Mecânica

<b>Histórico de Falhas</b>				
<b>Equipamento: Elevador de canecas</b>		<b>Período: Janeiro/2016 a Outubro/2017</b>		
<b>TAG: ELE-0011</b>				
<b>n° da OS</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Origem</b>
2125	Manutenção da caixa de rolamento danificada	16/04/2016	Emergencial	Mecânica
2130	Vazamentos	23/05/2016	Originada do Plano	Mecânica
2133	Vazamentos	16/06/2016	Originada do Plano	Mecânica
2134	Vazamentos	23/06/2016	Originada do Plano	Mecânica
2135	Vazamentos	30/06/2016	Originada do Plano	Mecânica
2139	Vazamentos	28/07/2016	Originada do Plano	Mecânica
2145	Vazamentos	08/09/2016	Originada do Plano	Mecânica
2146	Vazamentos	15/09/2016	Originada do Plano	Mecânica
2147	Vazamentos	23/09/2016	Originada do Plano	Mecânica
2149	Vazamentos	06/10/2016	Originada do Plano	Mecânica
2153	Vazamentos	03/11/2016	Originada do Plano	Mecânica
6276	Eixo rolo movido danificado	03/11/2016	Emergencial	Mecânica
2154	Vazamentos	08/11/2016	Originada do Plano	Mecânica

<b>Histórico de Falhas</b>				
<b>Equipamento: Elevador de canecas</b>		<b>Período: Janeiro/2016 a Outubro/2017</b>		
<b>TAG: ELE-0011</b>				
<b>n° da OS</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Origem</b>
2156	Vazamentos	23/11/2016	Originada do Plano	Mecânica
6276	Y amassado, eixo com desgaste	23/11/2016	Emergencial	Mecânica
2157	Tubulação danificada	30/11/2016	Originada do Plano	Mecânica
15289	Limpeza do motor, reaperto das conexões	07/12/2016	Originada do Plano	Elétrica
2159	Vazamentos	15/12/2016	Originada do Plano	Mecânica
2274	Troca mancais, alinhamento e tensionamento das correias	21/12/2016	Emergencial	Mecânica
2161	Vazamentos e rolamentos danificados	28/12/2016	Originada do Plano	Mecânica
2162	Vazamentos	04/01/2017	Originada do Plano	Mecânica
6285	Rolamento superior e eixo do rolo inferior danificados	04/01/2017	Emergencial	Mecânica
2163	Vazamentos	11/01/2017	Originada do Plano	Mecânica
2168	Vazamentos	10/02/2017	Originada do Plano	Mecânica
6199	Vazamentos na gaxeta do rolo inferior	02/03/2017	Originada do Plano	Mecânica
15290	Reaperto conexões	07/03/2017	Originada do Plano	Elétrica

<b>Histórico de Falhas</b>				
<b>Equipamento: Elevador de canecas</b>			<b>Período: Janeiro/2016 a Outubro/2017</b>	
<b>TAG: ELE-0011</b>				
<b>n° da OS</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Origem</b>
2172	Vazamentos	13/03/2017	Originada do Plano	Mecânica
58665	Eixo do rolo danificado, necessária troca dos mancais e rolamentos e reparo da sobreposta	13/03/2017	Emergencial	Mecânica
2176	Vazamentos	12/04/2017	Originada do Plano	Mecânica
2179	Vazamentos	03/05/2017	Originada do Plano	Mecânica
11201	Manutenção geral	03/05/2017	Emergencial	Mecânica
58964	Folga na correia, necessária troca dos rolamentos e reparo tambor	15/05/2017	Emergencial	Mecânica
2275	Correia quebrada	17/05/2017	Emergencial	Mecânica
2184	Vazamentos	07/06/2017	Originada do Plano	Mecânica
2276	Correia trincada	26/07/2017	Emergencial	Mecânica
60517	Reparo correia	13/08/2017	Emergencial	Mecânica
60512	Correia danificada	17/08/2017	Emergencial	Mecânica
2277	Alinhamento e tensionamento das correias	25/10/2017	Emergencial	Mecânica
15291	Limpeza e reaperto	27/10/2017	Originada do Plano	Elétrica

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

O histórico de falhas apresentado pela Tabela 7 contém as informações sobre número da OS (ordem de serviço), sobre descrições do tipo da falha apresentada pelo equipamento e data da manutenção realizada. Informa ainda se esta manutenção foi originada pelo plano de manutenção (se a falha foi identificada por uma inspeção ou manutenção preventiva prevista no plano) ou emergencial. Nota-se, ainda, um total de cinquenta ordens de serviço. Um crescente número de manutenções emergenciais pode ser observado, esse aumento pode ter sido causado por inúmeros fatores como, por exemplo, questões de projeto, aumento na produção, má execução da manutenção e qualidade dos materiais utilizados na manutenção.

Ao se coletar os dados do histórico de manutenção com as ordens de serviço executadas de Janeiro de 2016 a Outubro de 2017, é possível identificar quais mecanismos apresentam o maior número de falhas.

Para que se tenha uma melhor visualização das falhas e de seu impacto na manutenção, é importante tratar as informações a partir de gráficos. A partir dessas informações é possível estabelecer em que pontos devem ser concentrados os esforços para que haja uma diminuição do número de anomalias no equipamento.

O gráfico da Figura 15 foi elaborado a partir do histórico de manutenção do ELE-0011 contendo as OS's referentes ao período de Janeiro de 2016 a Outubro de 2017 e indica o volume de falhas durante este período.

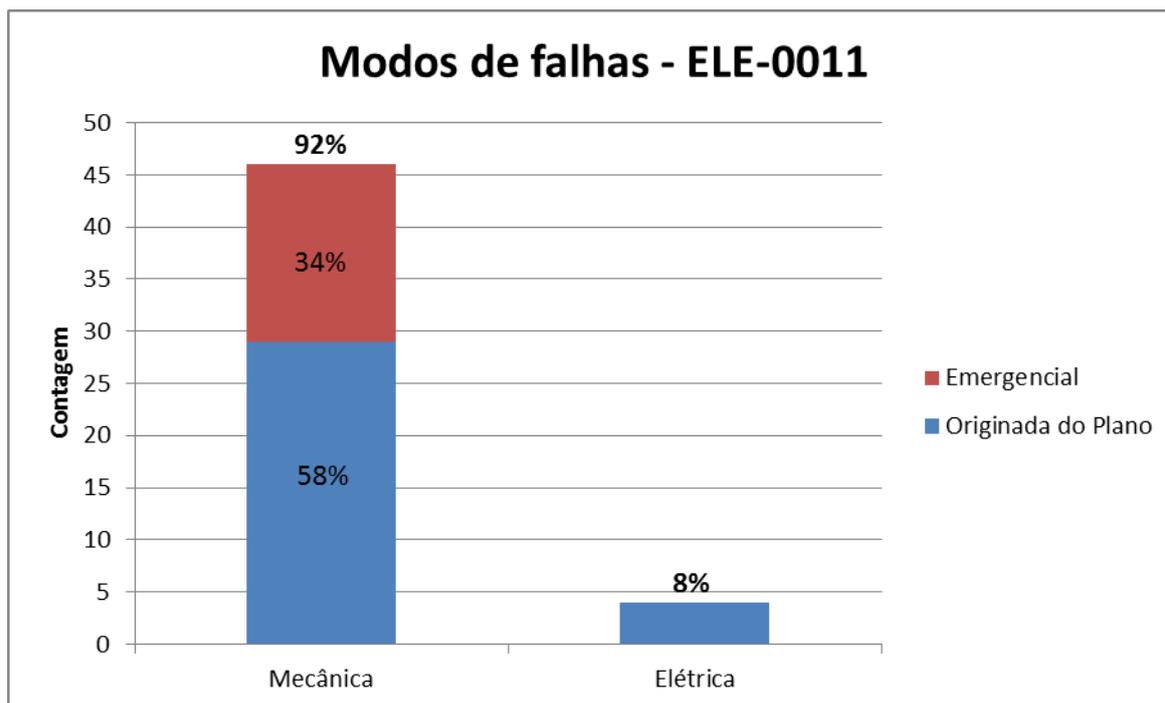


Figura 15: Modos de Falhas do Elevador de Canecas  
Fonte: Pesquisa direta (2018).

Com base no gráfico da Figura 15, é possível analisar a quantidade de falhas separadas por categorias, falhas referentes à parte mecânica do elevador de canecas e falhas referentes à parte elétrica. Ainda é possível observar no gráfico quantidade relativa entre reparos emergenciais, que são aqueles que exigem intervenção imediata de manutenção e reparos originados no plano, que são as inspeções e manutenções preventivas programadas pelo plano de manutenção do equipamento.

Ainda de acordo com a Figura 15, 92% das falhas no período considerado são de origem mecânica e apenas 8% são de origem elétrica. Já as ordens de serviço emergenciais representam 34% do total de ordens abertas e 66% (58% de origem mecânica e 8% de origem elétrica) foram originadas do plano de manutenção.

Quando comparado ao número de OS's apenas dos componentes mecânicos do elevador de canecas, os reparos emergenciais representam 37% das manutenções.

Para que o plano atinja uma maior efetividade é necessário identificar as falhas mais recorrentes e que por consequência, aumente de maneira considerável o número de atividades de manutenção programadas. Atuando nas falhas mais recorrentes é possível aumentar razoavelmente a disponibilidade física do equipamento.

Apesar de grande parte das falhas serem identificadas por manutenções originadas no plano, também é necessário identificar se tais falhas não poderiam ser evitadas, diminuindo o

número de intervenções no equipamento, o que também pode representar um aumento na disponibilidade do equipamento, e diminuição dos custos de manutenção.

Utilizando os dados coletados no histórico de falhas, é possível elaborar um gráfico de Pareto, que apresenta as falhas mais recorrentes identificadas e a porcentagem de ocorrência da mesma em relação às demais.

A Figura 16 representa um gráfico de Pareto do elevador de canecas ELE-0011.

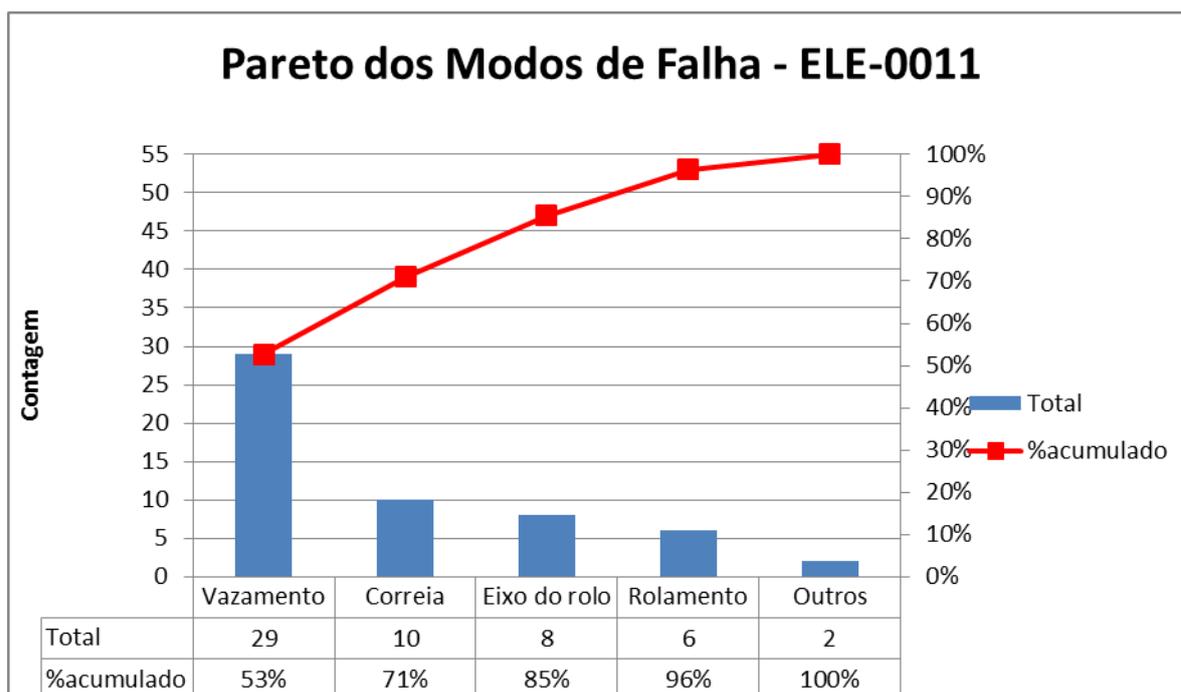


Figura 16: Gráfico de Pareto dos modos de falha  
Fonte: Pesquisa Direta (2018)

O gráfico apresentado pela Figura 16 representa algumas inferências estatísticas sobre as falhas do elevador de canecas. Avaliando as cinquenta (50) falhas notificadas pelas OS's no período de 2016 a 2017, nota-se que 85% se deram somente por anomalias em três componentes. Sendo 53% das falhas referentes a vazamento de produto nos eixos e válvulas, 18% originadas pela correia, 15% por falhas relacionadas ao eixo do rolo e 11% relativas a rolamentos danificados.

Portanto, para que haja uma atuação efetiva na melhoria do plano de manutenção, serão propostas melhorias nos componentes indicados com falhas mais recorrentes. Será proposta ainda uma padronização do plano de manutenção mecânica, onde observou-se ocorrência de intervenções emergenciais e maior número de ocorrência de falhas.

### 4.3.1 Análise das falhas encontradas

Para realizar uma investigação sobre as causas raízes das falhas indicadas através do gráfico de Pareto, será utilizado o diagrama de Causa e efeito, também conhecido como espinha de peixe.

As Figuras 17, 18 e 19 apresentam os diagramas de Causa e Efeito elaborados a partir da análise das falhas mais recorrentes identificadas no elevador de canecas ao longo de 2016 e 2017, são elas: vazamentos de matéria prima, falhas na correia e falhas no eixo do tambor.

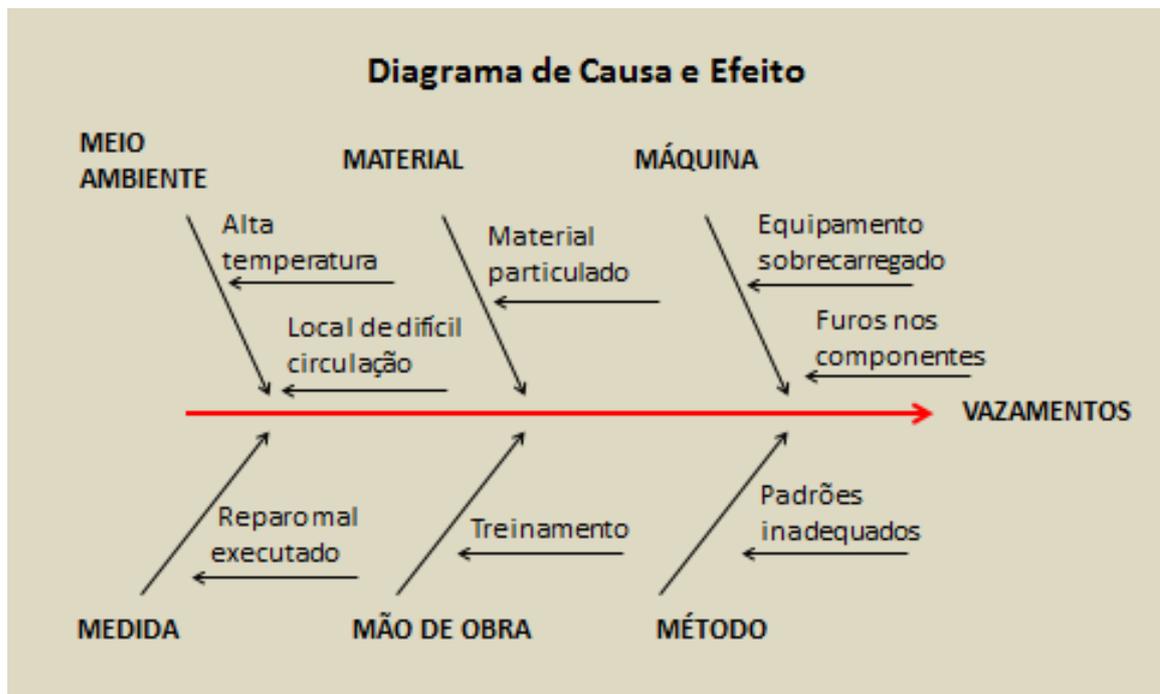


Figura 17: Diagrama de Causa e Efeito: Vazamentos  
Fonte: Pesquisa Direta (2018)

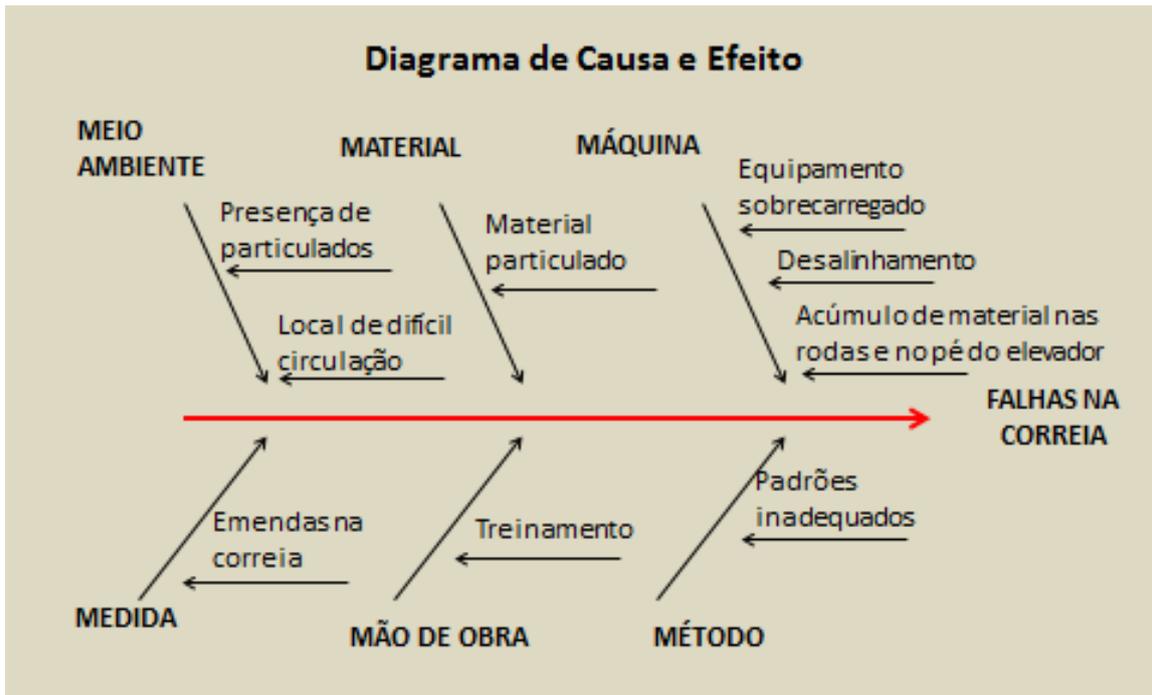


Figura 18: Diagrama de Causa e Efeito  
 Fonte: Pesquisa direta (2018)

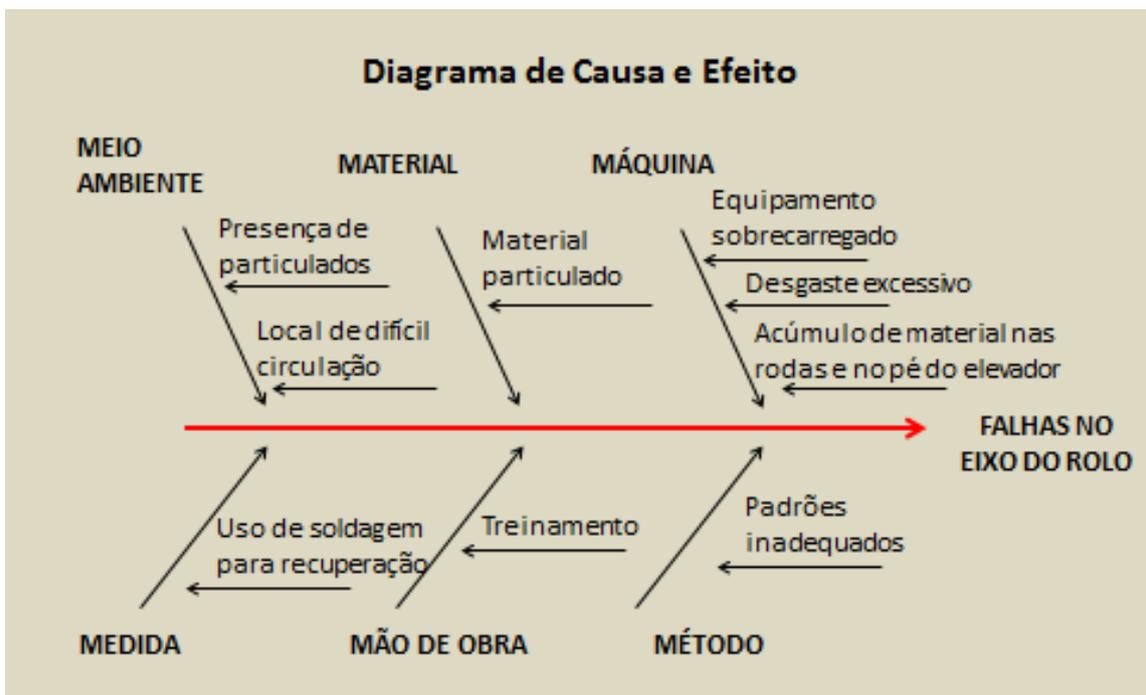


Figura 19: Diagrama de Causa e Efeito: Falhas no eixo do rolo  
 Fonte: Pesquisa direta (2018)

Com base nas ordens de serviço, informações coletadas no *software* TOTVS e os diagramas de Causa e Efeito das três principais falhas indicadas pelo Diagrama de Pareto, é viável identificar e discutir as raízes das causas consideradas mais prováveis referentes às

falhas no elevador de caneca. A Tabela 8 apresenta as prováveis causas de falhas no elevador de canecas obtidas a partir de *brainstorming* e aplicação do método dos 5 porquês.

Tabela 8: Análise de causas prováveis de falha

Possíveis causas	Julgamento	Porquês	Descrição dos Porquês
<b>I. Canecas danificadas</b>	Provável	1°	A capacidade de carga das canecas está subdimensionada
		2°	As canecas do elevador operam com capacidade acima do projeto e transbordando
		3°	Furo nas canecas
<b>II. Rompimento e desgaste da correia</b>	Provável	1°	O acúmulo de material no pé do elevador causa desgaste excessivo da correia de transmissão das canecas
		2°	A correia de transmissão atua como um fusível em caso de sobrecarga, rompendo-o e protegendo o sistema de acionamento (moto-redutor)
		3°	Falha do material da correia
<b>III. Acúmulo de material no pé do elevador</b>	Provável	1°	As canecas transbordam material causando acúmulo do mesmo no pé do elevador
		2°	Os operadores não limpam o pé do elevador com frequência
		3°	Vazamento
<b>IV. Desalinhamento da correia</b>	Provável	1°	O acúmulo de material no pé do elevador ocorre pelas canecas transbordando e causa desalinhamento das canecas
		2°	Desalinhamento das rodas causa o desalinhamento da correia
<b>V. Desgaste excessivo do eixo</b>	Provável	1°	Presença de particulados
		2°	Equipamento sobrecarregado

Possíveis causas	Julgamento	Porquês	Descrição dos Porquês
		3°	Material do eixo inadequado

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

A Tabela 8 enumera as prováveis causas das três principais falhas indicadas pelo Gráfico de Pareto e posteriormente enumeradas no Diagrama de Causa e Efeito de cada falha do elevador de canecas. Uma investigação das raízes de tais falhas é elaborada a partir dos porquês. A partir do desse levantamento, ações necessárias para melhoria do sistema de tratamento de falhas pode ser sugeridas.

#### 4.4 Melhorias propostas para a manutenção do Elevador de Canecas

Após a análise dos fatores envolvidos no processo de operação e manutenção do elevador de canecas, é possível propor inclusões e aperfeiçoamentos das atividades, de forma a aprimorar as ações do departamento de manutenção e evitar falhas recorrentes. É necessário que essas atividades, depois de realizadas, sejam monitoradas e seus efeitos observados para garantir o resultado esperado.

A partir das análises das ordens de serviço do elevador de canecas ELE-0011, é possível estabelecer um plano de ação contendo medidas para o tratamento das falhas.

Para que sejam feitas as recomendações, outra ferramenta de manutenção deve ser aplicada, de forma que aborde todos os aspectos da resolução das falhas. A ferramenta 5W2H possibilita uma visualização ampla do problema, pois permite determinar quais as necessidades, motivos, prazos, locais, responsáveis, como serão realizados e o custo de tais modificações.

As Tabelas 9, 10, e 11 apresentam os planos de ações realizadas através da ferramenta 5W2H para o tratamento das falhas de vazamento, correias e eixo do rolo do elevador de canecas respectivamente, junto com recomendações para melhoria do plano de manutenção.

Tabela 9: 5W2H para redução de falhas por vazamento de hidrato

<b>Objetivo:</b>	<b>Redução do número de falhas por vazamento de hidrato</b>					
<b>O que</b>	<b>Por que</b>	<b>Quando</b>	<b>Onde</b>	<b>Quem</b>	<b>Como</b>	<b>Quanto custa</b>
<b>Treinamento e reciclagem dos responsáveis pela manutenção do elevador de canecas.</b>	Qualificar e conscientizar os operadores sobre a importância do cuidado na utilização do veículo.	Semestralmente	Centro de convenções da empresa e área de redução	Departamento de manutenção	Elaborar apresentação sobre a importância das inspeções e limpeza do elevador de canecas, apresentando aspectos de segurança e econômicos.	Utilização do espaço e mão de obra envolvida, custo previsto: R\$200,00 por pessoa.
<b>Acrescentar preventiva para vazamentos no plano.</b>	Evitar a recorrência de falhas.	Durante a execução do plano	Equipe de Planejamento de manutenção	Programador de manutenção	Acrescentar no plano de manutenção no sistema TOTVS a preventiva.	Uma hora de trabalho do programador de manutenção.
<b>Elaborar padronização das atividades realizadas no plano de manutenção.</b>	Identificar as fontes de vazamento no elevador de canecas.	Até Janeiro/2019.	Departamento de manutenção	Programador de manutenção juntamente com técnicos de manutenção	Definir como deverão ser inseridas as descrições das atividades no TOTVS e padronizar execução das atividades. Incluir no sistema como parte do plano	Uma semana de trabalho do programador e do técnico responsável pela manutenção R\$1200,00.

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Tabela 10: 5W2H para redução de falhas na correia

Objetivo:	Redução do número de falhas na correia					
O que	Por que	Quando	Onde	Quem	Como	Quanto custa
<b>Treinamento e reciclagem dos responsáveis pela manutenção do elevador de canecas.</b>	Limpeza do equipamento afeta funcionamento	Semestralmente	Centro de convenções da empresa e área de redução	Departamento de manutenção	Elaborar apresentação sobre a importância das inspeções e limpeza do elevador de canecas, apresentando aspectos de segurança e econômicos.	Utilização do espaço e mão de obra envolvida, custo previsto: R\$200,00 por pessoa.
<b>Adicionar inspeção das canecas e limpeza do pé do elevador ao plano de manutenção.</b>	Correia atua como fusível, quando há sobrecarga no motor ela se rompe, o acúmulo de material no pé do elevador causa desgaste excessivo da correia e sobrecarga.	Quinzenal	Departamento de manutenção e área de redução	Programador de manutenção	Acrescentar no plano de manutenção no sistema TOTVS a preventiva.	Uma hora de trabalho do programador de manutenção.
<b>Inspeção do alinhamento e material da correia a partir de <i>Check list</i>.</b>	Evitar parada não programada para alinhamento da correia e substituição.	Quinzenal	Departamento de manutenção	Programador de manutenção juntamente com técnicos de manutenção	Definir como deverão ser inseridas as descrições das atividades no TOTVS e padronizar execução das atividades. Incluir no sistema como parte do plano	Uma semana de trabalho do programador e do técnico responsável pela manutenção R\$1200,00.

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

Tabela 11: 5W2H para redução de falhas no eixo do rolo

<b>Objetivo:</b>	<b>Redução do número de falhas no eixo do rolo</b>					
<b>O que</b>	<b>Por que</b>	<b>Quando</b>	<b>Onde</b>	<b>Quem</b>	<b>Como</b>	<b>Quanto custa</b>
<b>Treinamento e reciclagem dos responsáveis pela manutenção do elevador de canecas.</b>	Vazamento do material causa desgaste no eixo.	Semestralmente	Centro de convenções da empresa e área de redução	Departamento de manutenção	Elaborar apresentação sobre a importância das inspeções e limpeza do elevador de canecas, apresentando aspectos de segurança e econômicos.	Utilização do espaço e mão de obra envolvida, custo previsto: R\$200,00 por pessoa.

Fonte: Pesquisa Direta (2018)

A Tabela 9 apresenta uma sugestão de plano de ações de manutenção do elevador de canecas no que se refere aos vazamentos identificados como principal ocorrência de falhas no equipamento. O que se espera com o treinamento periódico proposto, é que os técnicos responsáveis pela manutenção estejam sempre capacitados e capazes de identificar anomalias no equipamento com rapidez, já que o equipamento se encontra num ambiente de difícil permanência devido à localização e condições do ambiente (temperatura elevada e presença de muitos particulados no ar).

A inclusão de manutenção preventiva para evitar os vazamentos, deve-se a identificação a partir das ordens de serviço, que na maioria das inspeções semanais o equipamento já apresenta vazamento de material e, portanto a manutenção preventiva dos componentes deve assegurar que a falha não ocorra, ou que o vazamento seja tratado no início.

Ainda na Tabela 9, a elaboração da padronização das atividades de manutenção é fundamental para que as falhas ocorridas sejam retratadas com maior clareza, possibilitando que suas causas raízes sejam encontradas com mais facilidade. No histórico de manutenção observou-se falta clareza nas informações sobre as atividades e falhas ocorridas. Dessa forma, aumenta-se a previsibilidade e evita-se a necessidade de intervenções emergenciais no equipamento.

Os itens propostos na Tabela 10 incluem as propostas para que, ainda na capacitação, também sejam abordados aspectos sobre a limpeza do equipamento. No elevador de canecas, o acúmulo de material no pé do equipamento causa sobrecarga no acionamento e desgaste excessivo da correia. Outra proposta é adicionar ao *check list* da inspeção do equipamento, a situação do material da correia e a presença de folgas, impedindo que haja um rompimento ou desalinhamento da mesma, e uma consequente parada não programada da produção.

Por fim, na Tabela 11, que contém o 5W2H do eixo do rolo, observa-se que esta falha também está diretamente relacionada aos vazamentos e presença de alumina no equipamento, que causa o desgaste excessivo do eixo, portanto, as medidas adotadas em relação à limpeza também contribuem para evitar esse tipo de falha.

Com a execução das ações propostas contidas no 5W2H, espera-se uma diminuição significativa das falhas ocorridas no elevador de canecas, principalmente relativas aos três tipos de falhas mais recorrentes indicados pelo Gráfico de Pareto da Figura 16. Dessa forma,

acarretará em diminuição de perdas que afetem a produção e causam perdas financeiras para a empresa.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas a partir do estudo e as recomendações para trabalhos seguintes.

### 5.1 Conclusão

O objetivo de estudo do presente trabalho foi apresentar melhorias ao sistema de tratamento de falhas de um elevador de canecas a partir dos dados fornecidos pelo *software* TOTVS, utilizado pela empresa para gestão dos equipamentos críticos para o processo produtivo. Para tal, foi feito um estudo teórico sobre as ferramentas de manutenção e suas aplicações, e pesquisa exploratória a fim de embasar a aplicação das ferramentas e a tomada de decisões.

Primeiramente, foram obtidas informações sobre o modo de funcionamento e estruturação da empresa, para que houvesse entendimento das partes envolvidas na manutenção e operação do elevador de canecas. Posteriormente foi feita uma caracterização do equipamento objeto de estudo seguida de um diagnóstico da situação atual do elevador de canecas. A partir do entendimento da interface, da caracterização e do diagnóstico, ficou definida a criticidade do equipamento para produção e como as falhas ocorridas impactam na mesma.

Em seguida, os dados do histórico de manutenção foram levantados e tabelados listando todas as ocorrências de falhas no elevador no período de Janeiro de 2016 a Outubro de 2017. A análise preliminar dos dados mostrou que 92% das falhas do elevador de canecas tiveram origem mecânica e dessas, 34% eram falhas emergenciais.

Com o intuito de encontrar as principais causas de falhas no elevador de canecas, foi então traçado o gráfico de Pareto. O gráfico mostra que 53% ocorrem como vazamentos de material no equipamento, 18% vêm de falhas na correia e 14% do eixo do rolo do elevador, sendo assim os componentes mais afetados e juntos, totalizam 71% das falhas. Conclui-se que essas falhas então, foram as maiores causadoras pelas paradas não programadas do elevador.

Com os componentes com a maior incidência de falhas definidos, partiu-se para o entendimento das causas raízes dessas falhas através do diagrama de Causa e Efeito. A partir do diagrama, percebeu-se que as falhas eram provenientes de ações não abordadas pela manutenção, falta de treinamento e eficiência das inspeções, que resultavam em fatores decisivos para o bom funcionamento do elevador de canecas.

Com a definição dos problemas centrais do elevador, a ferramenta 5W2H foi aplicada para cada uma das três falhas principais identificadas, com o objetivo de sanar ou diminuir o aparecimento de tais anomalias. Na tabela, foram definidas ações como:

- Treinamento e reciclagem de técnicos responsáveis pela inspeção e manutenção;
- Acrescentar preventiva nos componentes onde há vazamento no plano;
- Elaborar padronização das atividades realizadas no plano de manutenção;
- Adicionar inspeção às canecas e limpeza do material acumulado no pé do elevador;
- Acrescentar inspeção do tensionamento e alinhamento da correia, e do material.

Conclui-se que com a implantação das ações propostas, pode haver redução significativa do número de falhas do equipamento. As inspeções no equipamento serão mais completas, o treinamento reforçará a importância da limpeza e boas condições dos componentes da operação do elevador, e o acompanhamento do tensionamento e alinhamento da correia diminuirão as paradas não programadas da produção causadas pelo elevador. Por fim, a padronização das atividades de manutenção garantirá maior confiabilidade, podendo resultar em redução das demais falhas.

Os resultados obtidos reforçam a importância da utilização das ferramentas de manutenção na tomada de decisões. Através da aplicação destas ferramentas, foi possível direcionar o estudo para seu objetivo principal, o tratamento de falhas a partir das causas raízes e melhores ações a serem adotadas conhecendo o processo produtivo em questão.

Portanto, conclui-se que através das medidas propostas de acordo com a ferramenta 5W2H, os resultados de melhorias no sistema de tratamento de falhas do elevador de canecas serão relevantes e significativos. As ações de manutenção serão mais eficientes e as informações obtidas a partir de sua continuidade serão mais claras, contribuindo na obtenção de soluções futuras. Espera-se, a partir do tratamento de falhas, um menor custo e menor número de paradas emergenciais que atrapalham o bom funcionamento do processo produtivo de alumina.

## 5.2 Recomendações

Além das ferramentas de manutenção utilizadas no presente trabalho, a aplicação da metodologia PDCA para futuros trabalhos no elevador de canecas pode ser muito benéfica para o processo, a fim de implantar a melhoria contínua do mesmo. Propõe-se também a utilização das ferramentas de manutenção nos demais tipos de falhas encontrados no equipamento pelo presente trabalho.

Recomenda-se também para trabalhos posteriores a melhoria dos planos de manutenção dos demais equipamentos críticos envolvidos no processo produtivo da empresa.

Portanto, a partir do trabalho realizado, pode-se recomendar os seguintes trabalhos futuros:

- Implantação de um sistema de melhoria contínua a partir do PDCA no equipamento elevador de canecas de uma indústria química;
- Estudo da elaboração de um plano de manutenção do equipamento elevador de canecas;
- Tratamento de falhas dos equipamentos críticos de uma indústria química.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção. Disponível em: <[www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br)>. Acesso em 21 de outubro de 2017.
- ACTION, Portal. **Estatística Básica (Diagrama de Pareto)**, 2018. Disponível em <<http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/15-diagrama-de-pareto>>
- AGUIAR, Milena Cabral; **Análise de causa raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. Milena Cabral Aguiar, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.
- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística Básica**. 4ª Edição. Atual. Editora. São Paulo, SP. 1987
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: INDG TecS, 2004.
- DIEHL, A. A. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- FERNANDES, M. A. **Como aumentar a disponibilidade das máquinas e reduzir custos de manutenção**. Revista Máquinas e Metais, edição Abril, p. 316-329, 2003.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. – **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Elsevier Ed., 2009.
- FREITAS JUNIOR, R, J; **Estudo das Contribuições dos Indicadores de Manutenção para Aumentar a Confiabilidade do Equipamento Quebra Crosta: o Caso de uma Empresa do Setor Siderúrgico**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica, UFOP, 2015.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.
- KARDEC, A.; NASCIF, N. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualymark Ed., 2001.
- KEPLER WEBER, **Manual de Utilização de Transportadores**, 2004.
- KEPNER, C.H.; TREGOE, B. **O Administrador Racional – Uma abordagem sistemática à solução de problemas e tomada de decisões**. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- LIKER, J. **The Toyota Field Book**, 2004.
- LIMA, Heuber Gustavo Frazao. **Brainstorming**. Disponível em: <<http://heuberlima.files.wordpress.com/2011/08/senai-requisitos-aula3-brainstorming.pdf>> (2011).
- MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: Organizações com foco no cliente**. Arte & Ciência, São Paulo, 2001.
- MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1996.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba : UnicenP, 2007.
- REXNORD Correntes Ltda, **Proposta Técnica 216/2013 rev.01 – Retrofit do Elevador 80-2118**, 2013.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1980.
- SACRAMENTO, R. C. F. **Transportadores Contínuos para Granéis Sólidos**. 2017. Disponível em: <[http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap6\\_ec.pdf](http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap6_ec.pdf)>
- SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SHOOK, J. **Gerenciando para o aprendizado: usando o processo de gestão A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

SILVA, A. O.; RORATTO, L.; SERVAT, M. E.; DORNELES, L.; POLACINSKI, E. **Gestão da qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa.** In: 3ª Semana Internacional das Engenharias da FAHOR. Anais... Horizontina, 2013

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2.d. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, V. C.; **Organização e Gerência da Manutenção – Planejamento, Programação e Controle da Manutenção.** 3ª Ed. revisada. São Paulo: All Print, 2009.

TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho.** 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

TAVARES, L. A. **Administração Moderna de Manutenção.** 1ª edição. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2000.

TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio.** 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005. 164 p.

TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica.** Porto Alegre, 2008. 33-55p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VANTI, N. **Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração.** Ci. Inf., set./dez. 1999, vol.28, no.3, p.333-339.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2006.

VIANA, H. R. G. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know.** Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 2004.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva,** Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerência, 1998.

YAMAKI, Daisuke. **Reforma de um elevador de canecas de uma unidade de granulação de fertilizantes** [manuscrito] / Daisuke Yamaki. - 2014.

ZIKMUND, W. G. **Business Research Methods.** 5.ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.

Certifico que a aluna **Lais Lopes Salles**, autora do trabalho de conclusão de curso intitulado **“PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA O SISTEMA DE TRATAMENTO DE FALHAS PARA O EQUIPAMENTO ELEVADOR DE CANECAS DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA”**, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



Washington Luís Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 11 de dezembro de 2018.