

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA - COEME  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**VALTER ANZOLIN DE SOUZA JUNIOR**

**ANÁLISE DA PERFORMANCE E CONTROLE DA MANUTENÇÃO  
UTILIZANDO A METODOLOGIA TPM**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**GUARAPUAVA**

**2020**

**VALTER ANZOLIN DE SOUZA JUNIOR**

**ANÁLISE DA PERFORMANCE E CONTROLE DA MANUTENÇÃO  
UTILIZANDO A METODOLOGIA TPM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica / COEME, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alamo Alexandre da Silva Batista

Co-orientador: Prof. Dr. Aldo Przybysz

**GUARAPUAVA**

**2020**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DA PERFORMANCE E CONTROLE DA MANUTENÇÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA TPM**

**VALTER ANZOLIN DE SOUZA JUNIOR**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em Guarapuava, Paraná na data de 28 de fevereiro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**ÁLAMO ALEXANDRE DA SILVA BATISTA**  
Prof. Orientador

---

**ALDO PRZYBYSZ**  
Membro da Banca

---

**ADRIANO MARTINS DE SOUZA**  
Membro Da Banca

---

**ALDO PRZYBYSZ**  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho aos meus pais e à  
minha família, por sempre estarem  
comigo em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus orientadores Prof. Dr. Alamo Alexandre da Silva Batista e Prof. Dr. Aldo Przybysz, que se prontificaram a auxiliar a realização deste trabalho, dispondo de tempo e conhecimento hábil para orientação do trabalho.

Agradeço a minha família, em especial à minha mãe Marlene Salete Machado, por sempre dar suporte e pedir a Deus em suas orações para o sucesso deste trabalho.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Guarapuava (UTFPR-GP), por ceder suas instalações e corpo docente para conclusão do curso de graduação.

Agradeço a todos os servidores da UTFPR-GP que direta ou indiretamente participaram do processo de graduação.

Agradeço à empresa concedente de estágio, por me dar suporte no período de estágio e disponibilizar os dados para a realização deste trabalho.

E a todos os meus amigos e colegas que desempenharam papel importante para a minha formação pessoal e profissional.

“ Não importa o que aconteça, continue a nadar”.  
(PROCURANDO NEMO, 2003)

## RESUMO

SOUZA, V. A. J. **Análise da Performance e Controle da Manutenção Utilizando a Metodologia TPM**. 2020. 69. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2020.

Frente ao contínuo desenvolvimento da atividade industrial e a mudança de cenário de manutenção o presente trabalho trata da gestão da performance de manutenção utilizando conceitos da metodologia TPM. O uso da metodologia traz o conceito de eliminação das perdas no processo produtivo, e ao elencar estas perdas, tem-se que a falha nos equipamentos é a principal fonte de desperdícios. Tempo de manutenção, desvios de qualidade e segurança operacional são atualmente pontos a serem discutidos em um planejamento. A visão de gestão se faz necessária pois atualmente manter o bom funcionamento dos equipamentos, com bons indicadores de confiabilidade e disponibilidade, são diferenciais competitivos e estratégicos. Através da análise focada em um sistema de bombeamento em uma indústria de papel e celulose localizada no interior do estado do Paraná, foi possível identificar causas de falhas, apresentar indicadores e propor soluções cabíveis à metodologia.

**Palavras-chave:** Manutenção. Produção. Indicadores. TPM.

## ABSTRACT

SOUZA, V. A. J. **Maintenance Performance Analysis and Control Using TPM Methodology**. 2020. 69. Completion of Course Work Course Bachelor's Degree in Mechanical Engineering - Federal Technology University - Paraná. Guarapuava, 2020.

In face of continuous development of the industrial activity as well as changes in the maintenance scenario, this work deals with the management of maintenance performance using concepts from the TPM methodology. The use of this methodology brings the concept of eliminating losses in the production process, and when listing these losses, it becomes clear that equipment failure is the main source of waste. Maintenance time, quality deviations and operational safety are currently points to be discussed in an effective planning. Therefore, the management approach is vital to achieve competitive and strategic differentials, bringing proper functioning of the equipment, good indicators of reliability and availability. Through the analysis focused on a pumping system in a paper and pulp mill located in an inland city in the state of Paraná, it was possible to identify causes of failures, build indicators and propose appropriate solutions regarding the methodology.

**Keywords:** Maintenance. Production. Indicators. TPM.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do Trabalho .....	16
Figura 2 – Gestão da Qualidade Total.....	26
Figura 3 – Sistema de Indicadores de Manutenção.....	30
Figura 4 – O conceito de Gestão dos Equipamentos .....	33
Figura 5 – Estabelecendo as Condições Básicas do Equipamento .....	36
Figura 6 – Sistema de Manutenção dos Equipamentos .....	37
Figura 7 – Distribuição dos Tipos de Manutenção por Atividade .....	38
Figura 8 – Processo de Preparo de Matéria Prima para Produção de Papel .....	47
Figura 9 – Fases de Produção em uma Máquina de Papel Cartão.....	47
Figura 10 – Esquema de Distribuição de Vapor na Máquina de Papel.....	49
Figura 11 –Conjunto de Bombeamento de Condensado.....	50
Figura 12 –Elementos Construtivos do Sistema de Bombeamento de Condensado	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores de Importância Manutenção Corretiva.....	20
Quadro 2 – Fatores de Importância para o CQZD .....	25
Quadro 3 – Os 5 sentidos .....	28
Quadro 4 – Estratégia de Aplicação do TPM .....	32
Quadro 5 – Principais Atividades da Manutenção Autônoma.....	35
Quadro 6 – Definição dos Passos para Realização do Trabalho .....	42
Quadro 7 – Códigos de Notas de Manutenção SAP .....	42
Quadro 8 – Dados Coletados do ERP da Empresa .....	43
Quadro 9 – Relação dos Dados Coletados e Justificativa de Análise.....	44
Quadro 10 – Equipamentos Local de Instalação Bombeamento de Condensado.....	45
Quadro 11 – Sínteses de Falha do Sistema de Bombeamento.....	52
Quadro 12 – Priorização de Acordo com o Número de Falhas de 2019.....	53
Quadro 13 – Priorização de Acordo com o MTBF de 2019 .....	54
Quadro 14 – Priorização de Acordo com o MTTR de 2019.....	56
Quadro 15 – As 10 Grandes Perdas no Processo Produtivo.....	56
Quadro 16 – As 6 Medidas para Falha Zero .....	57
Quadro 17 – Divisão de Falhas com Relação ao Tempo.....	58
Quadro 18 – Causas e Ações para Prevenir a Deterioração Acelerada .....	58
Quadro 19 – Responsabilidades da Manutenção Autônoma.....	59
Quadro 20 – Fases de Implementação Programa Falha Zero .....	61
Quadro 21 – Fases e Objetivos do Programa Falha Zero .....	61
Quadro 22 – Detalhamento das Ações para Falha Zero.....	62
Quadro 23 – Responsabilidades da Manutenção na Metodologia TPM .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados Técnicos das Bombas de Extração de Condensado .....	50
Tabela 2 – Solicitações de Manutenção Conjunto de Bombeamento 2019.....	52
Tabela 3 – MTBF e Desvio Padrão.....	55

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CQZD	Controle de Qualidade Zero Defeitos
EUA	Estados Unidos da América
SQM	Segunda Guerra Mundial
STP	Sistema Toyota de Produção

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
------	--

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

ERP	Enterprise Resource Planning
JIT	Just in Time
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Medium Time to Repair
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPM	Total Productive Maintenance

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.2.1 Objetivo Geral .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 MANUTENÇÃO.....	17
2.2 DISPONIBILIDADE .....	18
2.3 CONFIABILIDADE .....	19
2.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	20
2.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	21
2.6 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	22
2.7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA .....	24
2.8 PRODUÇÃO <i>JUST IN TIME</i> .....	25
2.9 OS 5 SENSOS .....	27
2.10 INDICADORES.....	29
2.10.1 Indicadores de Manutenção .....	29
2.11 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO .....	30
2.12 METODOLOGIA TPM .....	31
2.12.1 Gestão dos Equipamentos.....	33
2.13 MANUTENÇÃO NA METODOLOGIA TPM.....	34
2.13.1 Pilar de Manutenção Autônoma.....	35
2.13.2 Pilar de Manutenção Planejada .....	37
2.13.3 Manutenção Baseada no Tempo.....	39
2.13.4 Manutenção Baseada nas Condições .....	39
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1 DEFINIÇÃO DE PESQUISA.....	39
3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO .....	41
3.2.1 Coleta de dados.....	42
3.2.2 Análise dos Dados Coletados .....	44
<b>4 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>45</b>
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	45
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	46
4.3 O SISTEMA DE ESTUDO .....	49
4.4 ANÁLISE DOS DADOS DE MANUTENÇÃO.....	51
4.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	52

4.5.1 Indicador de Número de Falhas .....	53
4.5.2 Indicador de MTBF .....	54
4.5.3 Indicador de MTTR .....	55
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>58</b>
5.1 ANÁLISE DOS SISTEMAS POR NÚMERO DE FALHAS.....	58
5.1.1 Ações Propostas.....	59
5.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ACORDO COM MTBF .....	60
5.2.1 Ações Propostas.....	62
5.3 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ACORDO COM MTTR .....	63
5.3.1 Ações Propostas.....	64
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial vem sofrendo grande transformação nas últimas décadas.

Segundo Verri (2012) somente após a década de 80 com a intensificação da atividade industrial, e com o desenvolvimento de novas tecnologias, é que a manutenção passou a ser abordada com maior evidência.

Para Verri (2012, p.1) a abordagem da manutenção moderna deve abarcar assuntos como: “aspectos comportamentais; terceirização; controle de custos; ferramentas de qualidade; procedimentos; indicadores; controles estatísticos; manutenção preditiva; relações com fornecedores e clientes”.

A manutenção tomou proporção estratégica no âmbito empresarial. Podendo ser considerada um grande diferencial se bem aplicada.

Segundo Kardec e Nascif (2015, p.1) entre outros aspectos, dentre as alterações evidenciadas na manutenção industrial nos últimos anos, há a “introdução da gestão como fator indispensável para alcançar os melhores resultados para a manutenção e para a empresa como um todo”.

Neste sentido, ser competitivo no cenário atual representa aumentar a performance de manutenção, baseado em redução nas falhas dos equipamentos, melhores condições de segurança, menor impacto ao meio ambiente, ganho em disponibilidade, confiabilidade, qualidade e custo. (KARDEC; NASCIF, 2015)

Para Verri (2012, p.1), em muitos casos no passado e nos dias atuais “a alta frequência de falhas e problemas nas plantas industriais, leva a decisões tomadas na base de sentimentos e medos”.

É possível evidenciar, que muitas áreas ligadas ao processo podem não compreender corretamente a importância da manutenção a assuntos ligados a produtividade. Entretanto há grande importância da atividade de manutenção, especialmente em um processo produtivo contínuo. (VERRI, 2012)

Segundo Verri (2012) algumas fábricas, especialmente no Japão, tomaram conta da dimensão estratégica da manutenção na atividade industrial.

Com isso nestas empresas, as atividades ligadas à qualidade e ao processo produtivo receberam o nome de Manutenção Produtiva Total (TPM – sigla em inglês). (VERRI, 2012)

O conceito de aplicação de manutenção para o TPM traz entre outros fatores, a manutenção autônoma, que consiste em integrar o setor de produção e manutenção na atividade de manutenção dos equipamentos.

Sem dúvida a manutenção é fator relevante para as definições estratégicas da empresa. Segundo Kardec e Nascif (2015) o setor de papel e celulose investe cerca 5,5% de seu faturamento bruto em atividades voltadas a manutenção, dados esses referentes a 2011 coletados do documento nacional da Abraman<sup>1</sup>.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Frente à necessidade de uma nova abordagem para o setor de manutenção, e do surgimento de metodologias que propiciem e suportem a implementação de um modelo de manutenção estruturado, há a demanda por indicadores, capazes de expressar de maneira assertiva, qual a abordagem de manutenção deve ser aplicada.

O processo de produção de papel e celulose tem seu funcionamento de maneira contínua. Tornando assim a assertividade da intervenção de manutenção um fator primordial para o atingimento de metas de produção

Unindo os objetivos de redução de quebras proposto pela metodologia TPM, com indicadores de confiabilidade e disponibilidade, espera-se propor ações que aumentem a performance de manutenção.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor a implementação de indicadores em um determinado sistema de produção na indústria papeleira.

---

<sup>1</sup> Associação Brasileira de Manutenção



### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento das falhas no sistema de bombeamento de condensado;
- Identificar indicadores aplicáveis ao processo analisado;
- Propor a implementação da metodologia TPM no sistema de manutenção do processo;
- Propor ação para integrar o setor de manutenção e produção através da manutenção autônoma

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está subdividido em 6 capítulos. Estes capítulos dão a estrutura do trabalho, iniciando deste a introdução e fundamentação teórica, metodologia, desenvolvimento, resultados e discussões e, por fim a conclusão.

O primeiro capítulo, a introdução, inicia o conceito de manutenção nos dias atuais, quais os desafios apresentados a este setor e quais os caminhos para o desenvolvimento da manutenção que hoje é função estratégica dentro do setor industrial.

Já no segundo capítulo, a fundamentação teórica, são apresentados os conceitos e análises disponíveis na literatura. Através de uma busca e do referencial teórico sobre o assunto, é possível entender os assuntos que serão abordados no capítulo 4, desenvolvimento e no capítulo 5, resultados e discussões.

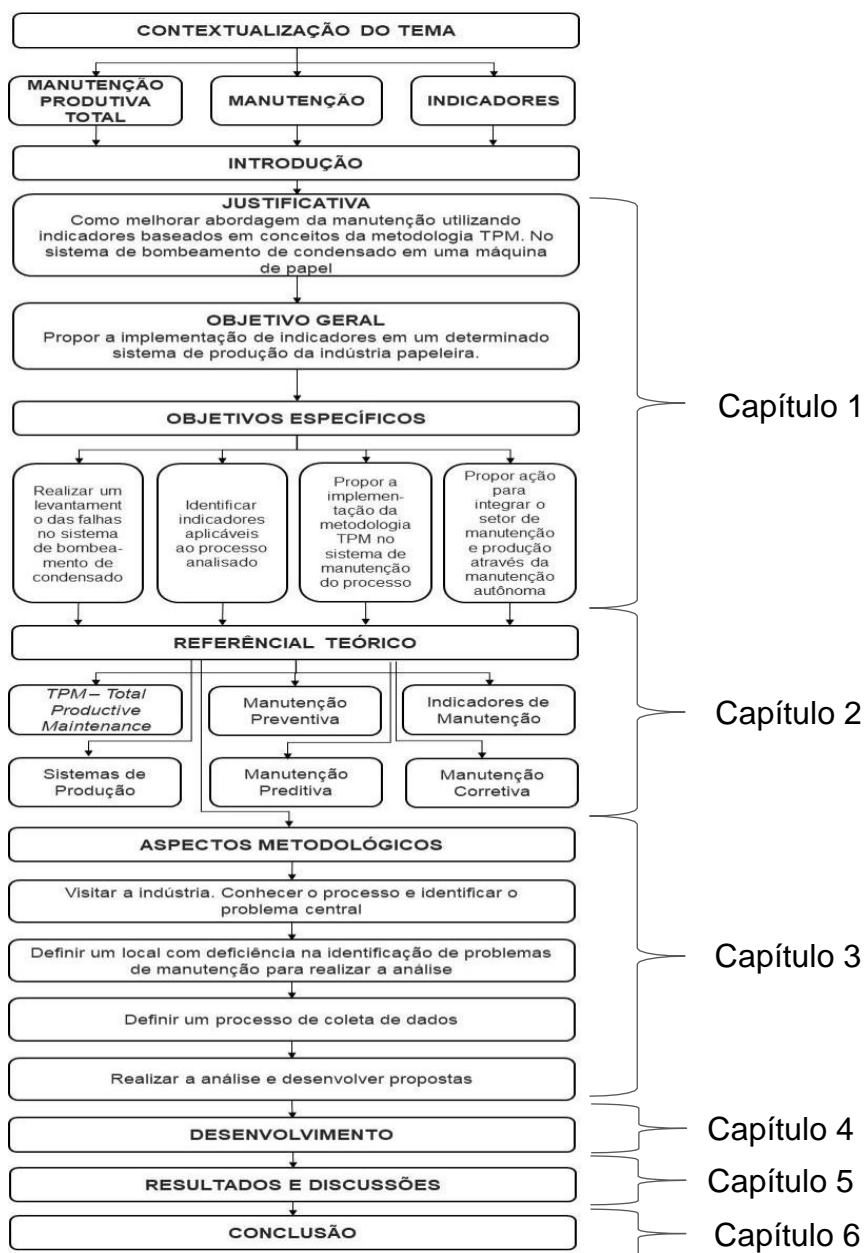
No terceiro capítulo é discutida a metodologia do trabalho. Neste capítulo são apresentados os pontos de coletas de dados, materiais e softwares utilizados. Também é feita uma descrição da justificativa do uso dos dados apresentados.

No quarto capítulo, o desenvolvimento do trabalho, é apresentada a empresa em que foram coletados os dados, é explicado o processo e qual a importância do elemento de estudo. É neste capítulo que são apresentados os dados e são apresentados em modelo de gráficos.

No quinto capítulo, resultados e discussões, são apresentadas estratégias, segundo a metodologia TPM para a resolução dos problemas apresentados no desenvolvimento do trabalho.

No sexto e último capítulo, é apresentada a conclusão do trabalho, neste capítulo é descrita a importância da análise do trabalho e qual expectativa com a aplicação dos conceitos apresentados.

**Figura 1 – Estrutura do Trabalho**



Fonte: Autoria Própria (2020)

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MANUTENÇÃO

Desde o início do desenvolvimento humano, nota-se a preocupação em desenvolver novos materiais que facilitem as atividades do cotidiano.

Ao se criar novas ferramentas e práticas para realização das mais diversas atividades, observou-se a necessidade em manter em condições de uso. Para isso era necessário efetuar reparos em determinados utensílios.

Neste contexto se fez-se necessária a avaliação minuciosa afim de determinar a necessidade de uma possível substituição total ou parcial do item em questão. Isso para que seja possível o bom desempenho ao que o item em questão foi projetado para desempenhar. (ALMEIDA, 2015)

Quando um sistema desempenha um bom trabalho, ou seja, quando é feita uma boa manutenção, nem uma variação é observada no processo.

No contexto industrial, pode-se dizer que a manutenção presta serviço ao setor de produção. Sendo que a linha de frente da produção passa a ser considerada na condição de cliente do setor de manutenção

Segundo ABNT (1994, p.6), na norma NBR 5462, a definição de manutenção é: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Isto quer dizer que a atividade de manutenção na indústria, compreende toda a estrutura operacional, gerencial e estratégica do negócio.

De qualquer modo todas as atividades, tanto gerenciais, estratégicas quanto operacionais, na prática consistem na execução de atividades destinadas a mitigar ou até mesmo evitar a degradação total ou parcial dos equipamentos.

Todas estas atividades visam identificar as causas, sejam elas por mau uso, por degradação acelerada ou por desgaste natural do maquinário em que se está trabalhando. (XENOS, 1998)

## 2.2 DISPONIBILIDADE

Saber se um equipamento possui um índice de disponibilidade aceitável é de grande importância. Ainda mais quando se trata de um processo de produção continuada, onde muitas vezes não se dispõem de tempo hábil para realização de intervenções de emergência.

A disponibilidade avalia a capacidade de um determinado equipamento ou sistema, mediante manutenção apropriada, de realizar a ação ou trabalho para qual foi desempenhado em um determinado momento ao qual foi requerido. (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011)

Para que se tenha um equipamento capaz de atender as demandas de produção requeridas. Atuando sem desvios com relação ao que foi definido em projeto, é necessário que se tenha um bom grau de disponibilidade.

Para que seja possível um estudo mais aprofundado dos fenômenos e das características da análise de disponibilidade é necessário que seja apresentada uma definição mais precisa sobre o tema. Para todos os efeitos, disponibilidade trata-se:

Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. (ABNT, 1994, p. 2).

Através desta definição e de um estudo focado sobre o tema de disponibilidade, se faz possível a interpretação de dados e implementação de indicadores afim de controlar e gerenciar uma planta fabril.

Ao se fazer uma análise sobre a definição de disponibilidade, pode-se afirmar que para garantir um estado de disponibilidade com relação ao seu desempenho segundo a ABNT (1994, p.6), na norma NBR 5462: “Estado de um item caracterizado por ele poder desempenhar uma função requerida, desde que os recursos externos necessários sejam providos. Este estado relaciona-se com o desempenho de disponibilidade”.

Sabendo ao certo a definição de disponibilidade, torna-se possível destinar grande parte do foco da manutenção no bom andamento deste item.

Para que seja possível desempenhar um trabalho efetivo na gestão da disponibilidade de um determinado sistema, faz-se necessário o uso de um indicador que norteie metas e performance para o que se está buscando.

As metas são definições estratégicas da empresa. Para isso os indicadores de disponibilidade devem fazer parte da análise na definição das atividades de manutenção.

### 2.3 CONFIABILIDADE

Em determinados tipos de máquinas, onde o impacto de uma possível falha ou desvio de performance tem um grau de impacto elevado sobre a disponibilidade, o parâmetro que melhor estipula as boas condições de trabalho é a confiabilidade.

Este parâmetro passou a ser primeiramente considerado no contexto pós Primeira Guerra Mundial, onde este tipo de análise estava associado à aviação e o interesse estava em fazer uma análise comparativa sobre o número de acidentes por horas de voo. (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011)

Atualmente ao se falar em um grau elevado de confiabilidade, pode-se estar garantindo boa produtividade, e garantias de uma produção sem desvios e com grande potencial de efetividade na aplicação de insumos no processo.

Sendo assim, tornou-se indispensável a abordagem focada na garantia de ausência de falha do produto, sejam elas com impacto nos custos de processo quanto no bem-estar de quem irá usufruir do que se está produzindo. O conhecimento focado na análise de probabilidade de ocorrência de falha contextualiza o estudo sobre a confiabilidade.

Segundo a ABNT (1994, p.3), na norma NBR 5462, confiabilidade é: “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. O termo confiabilidade é usado como uma medida do desempenho de confiabilidade”.

Para Fogliatto e Ribeiro (2011, p.2) “... confiabilidade está associada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas”.

Para que se tenha uma análise de engenharia, se faz necessária uma análise quantitativa dos fatos que ocorrem no ambiente fabril. Entretanto é definido um conceito capaz de trazer embasamento para análise quantitativa de controle da performance da confiabilidade. Segundo Leemis (1995, p.5) “A confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais especificadas”.

## 2.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Este modo de manutenção se aplica quando a falha já ocorreu. É necessária para que a máquina, equipamento ou sistema que se está trabalhando, volte a desempenhar a função desejada. Segundo a ABNT (1994, p.7), na norma NBR 5462, a manutenção corretiva é: “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Do ponto de vista da gestão da manutenção, o que mais deve se levar em conta ao optar por este tipo de intervenção são os seguintes itens:

**Quadro 1 – Fatores de Importância Manutenção Corretiva**

Impacto do dado equipamento ou processo sobre a produção e sobre a qualidade final do produto
Custos envolvidos na atividade e nos processos correlatos
Existência de medidas preventivas, economicamente viáveis, que possam ser tomadas a fim de mitigar o acontecimento

**Fonte: Adaptado de Xenos (1998)**

Este tipo de manutenção em alguns casos, acaba tendo uma conotação não positiva, pois indica falta de acompanhamento e detecção do setor de manutenção.

Já em outros casos pode representar uma questão de estratégia de manutenção do nível gerencial.

## 2.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Este modo de manutenção tem como principal característica a padronização da atividade de manutenção através de um determinado intervalo de tempo.

Para este modo, não necessariamente há a necessidade do surgimento de uma falha para que seja iniciada a intervenção da manutenção.

Neste caso especialistas, fornecedores ou dados de projeto determinam períodos para a realização das ações de manutenção.

Segundo a ABNT (1994, p.7), na norma NBR 5462, a manutenção preventiva é: “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Para que seja efetiva, a manutenção preventiva deve envolver todos os envolvidos, manutenção e produção, no conhecimento da área e na determinação de padrões operacionais.

De modo geral este tipo de manutenção envolve toda a fábrica. Para Xenos (1998, p. 24) “ é um conjunto de ações sistemáticas tais como inspeções, reformas e trocas de peça. Está muito relacionada com as atividades de identificação e prevenção de quebras dos equipamentos. ”

A manutenção preventiva pode representar maior custo, em sua execução e atividade, se comparada com a manutenção corretiva.

Este custo mais elevado na execução da atividade preventiva existe pois, para que seja realizada a intervenção é necessário um levantamento de dados mais aguçado, uma boa organização do efetivo e um estudo aprofundado sobre o processo.

Tais gastos podem ser justificados através de ganhos que merecem destaque, tais como a frequência da ocorrência da falha, aumento na disponibilidade do equipamento e diminuição nas paradas inesperadas na produção. (XENOS, 1998).

## 2.6 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Esse tipo de manutenção tem um teor mais sofisticado, faz uso de mão de obra especializada para desempenhar as atividades.

Devido ao uso de tecnologia avançada, a manutenção preditiva costuma ser tratada de maneira diferenciada dentro das empresas – quase como uma ciência avançada demais para ficar nas mãos de qualquer pessoa. (XENOS, 1998, p. 25).

Tal tratativa de manutenção tem cunho científico. Pois tende a analisar dados, tendências e experimentos. Devido a isso, é provável que seja dentro da empresa um setor a parte da manutenção convencional.

Segundo Xenos (1998) a manutenção preditiva, (também conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento), é o conjunto de práticas baseadas na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo o acompanhamento obedece uma sistemática.

Para que seja possível compreender a essência do conceito de manutenção preditiva é preciso que se defina de maneira efetiva.

É a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. (ABNT, 1994, p. 7).

Ao promover um programa de manutenção preditiva, inicialmente deve-se definir quais são os equipamentos que tem maior impacto no processo produtivo.

Ao definir os elementos de maior impacto no processo, deve-se iniciara análise de dados. Para isso é necessário o acompanhamento de diversos parâmetros para estudo.

Neste conceito essencialmente deve-se fazer uso massivo de sensoriamento e softwares de controle. Esse conjunto de ferramentas serão



capazes de permitir um estudo aprofundado sobre o funcionamento de um determinado sistema.

As análises servem para medir o comportamento de um dado componente ou sistema. Ao se ter as análises espera-se poder tomar as melhores medidas para manutenção em um determinado sistema.

Segundo Kardec e Nascif (2015, p. 62) “através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição”.

Para Kardec e Nascif (2015) o resultado de uma boa atividade de manutenção preditiva, visa permitir a operação contínua e aumentar o tempo de troca dos elementos e sistemas do processo de produção, assim estendendo a vida útil do item de estudo.

Se comparado com outras técnicas de manutenção aqui descritas, a manutenção preditiva possui maior valor no conjunto de atividades.

O maior valor ocorre, pois, a atividade de manutenção preditiva faz amplo uso de equipamentos e técnicas específicas para obtenção de dados.

Esse alto custo também se deve ao setor designado especialmente para esse tipo de manutenção, que conta com engenheiros especialistas, licenças de softwares e manutenção dos sistemas de medição.

Os dados das análises são capazes de instruir a equipe à tomada de decisão, fundamentada nos dados. Para uma decisão assertiva, recomenda-se o uso de manuais e da literatura acerca do fenômeno em que se está estudando.

Segundo Kardec e Nascif (2015) a atividade de manutenção preditiva se intensifica ao passo que o conhecimento tecnológico e o emprego de novas tecnologias, capazes de detectar o comportamento dos equipamentos, se tornam parte integrante do sistema de manutenção.

Esse conjunto de análises, somados com uma correta tomada de ação e o momento certo da intervenção podem postergar a troca de um dado item. Isso pode ser muito positivo de acordo com seu valor e impacto no processo produtivo.

O objetivo da manutenção preditiva é que o tempo entre trocas seja maior. Gerando maior retorno financeiro devido à atividade de produção e possibilidade de maior tempo para planejamento da parada para manutenção.

A manutenção preditiva complementa a atividade de manutenção preventiva. Ao se fazer a análise dos parâmetros, os dados convertidos devem

gerar ações que iram ser adicionados às rotas de manutenção, e à parada de produção programada para manutenção. Por isso a atividade de manutenção preditiva contém em seu domínio a atividade de manutenção preventiva como mostra a figura 1.

## 2.7 MANUTENÇÃO PRODUTIVA

Segundo Xenos (2015) o conceito de manutenção produtiva faz com que seja necessária maior interação entre as áreas de produção e manutenção.

Esta interação na prática pode ser desafiadora, pois traz à tona o relacionamento crítico entre produção e manutenção.

Ao propor um sistema onde a produção está diretamente ligada às rotinas de manutenção do equipamento, entende-se que há necessidade de maior interação entre os setores e aumento de qualidade no fluxo de informação.

Com isso torna-se mais eficaz a atividade da manutenção, pois se tem a descrição melhor esmiuçada e menores chances de retrabalho.

Através de um programa guiado de treinamentos. Onde o setor de manutenção leciona o funcionamento dos diferentes sistemas da máquina ao setor de produção. A produção torna-se capaz de desempenhar pequenas atividades originalmente destinadas à manutenção.

O princípio de funcionamento modelo da manutenção produtiva não é substituir o setor de manutenção convencional. Nem tão pouco transferir as responsabilidades deste setor para a produção. Com esse modelo de trabalho espera-se que o operador conheça mais o equipamento. Assim a manutenção consegue manter foco nas atividades preventivas, preditivas e corretivas.

De uma maneira formalizada: a manutenção produtiva visa a melhor utilização de todos os tipos de manutenção abordados anteriormente em uma só configuração. Permitindo completa análise de forma a otimizar os fatores econômicos da produção. Desta forma promovendo uma melhor utilização dos equipamentos, afim de garantir maior vida útil e produtividade com baixo custo. (XENOS, 1998).

Deste modo, ao promover a atividade de manutenção produtiva, espera-se alcançar maior performance nas atividades de manutenção, como também maior conhecimento dos equipamentos por parte da produção.

## 2.8 PRODUÇÃO *JUST IN TIME*

Segundo Ghinato (1995) O Sistema de produção *just in time* (JIT) tem origem no Sistema Toyota de Produção (STP).

No STP, cujo foco é maximizar os ganhos, tem como estratégia a ampliação do uso da automação no ambiente de fábrica, sem deixar de lado a senso crítico do operador.

Com a ampliação do uso de automação no processo espera-se que o operador, envolvido no processo, deixe de realizar atividades manuais e passe a tomar decisões estratégicas para o bom funcionamento dos equipamentos e das linhas de produção.

Segundo Motta (1996, p. 129), “just-in-time é uma técnica que utiliza de normas e regras para modificar o ambiente produtivo. Podendo ser aplicada tanto na produção quanto em outras áreas”.

No sistema JIT procura-se produzir somente o que há demanda, sem necessidade de geração de grandes estoques e custos desnecessários.

Neste contexto, foi necessária a implementação de outras abordagens e estratégias de produção inovadoras, desde o nível gerencial ao operacional.

Desta forma 5 outros elementos foram introduzidos ao fluxo de aplicação do sistema JIT: Estratégia de marketing, Manutenção produtiva total (TPM), 5s e quebra zero. (GHINATO, 1995)

Este conjunto de ações gerou o que pode-se chamar de revolução no modo em que se organiza e se gerencia a atividade industrial.

O sistema JIT de produção, além de dar ênfase à questão estratégica que envolve custos e competitividade, também trouxe uma nova visão sobre os defeitos no produto, trazendo um foco diferenciado à qualidade.

A meta do JIT é qualidade zero defeitos. Isso se dá através do Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD), que tem como objetivo a análise de toda a

produção e não através de amostragem. Segundo Ghinato, (1995), existem quatro pontos fundamentais para a sustentação do CQZD.

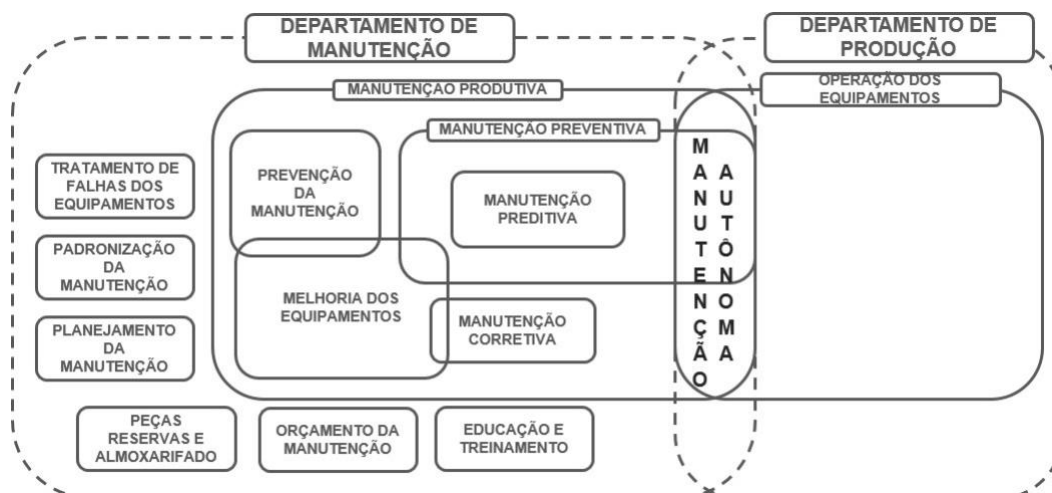
**Quadro 2 – Fatores de Importância para o CQZD**

Utilização e inspeção na fonte
Utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem
Redução entre o tempo de detecção de erro e aplicação de ação corretiva
Reconhecimento de que os trabalhadores não são infalíveis

**Fonte: Ghinato (1995, p. 172)**

A figura 1 mostra como é o fluxo do sistema de gestão de qualidade zero defeitos, nas atividades que compreendem as responsabilidades do setor de manutenção e do setor de produção, para que seja apresentado um bom andamento do equipamento.

**Figura 2 – Gestão da Qualidade Total**



**Fonte: Adaptado de Xenos (1998, p.32)**

Outro elemento crucial, usado de maneira estratégica para obter sucesso na aplicação do STP foi um bom programa de marketing. (GHINATO, 1995)

A grande força motriz para o sucesso da implementação do STP está diretamente ligada ao pessoal da operação, que inserido em um contexto de automação crescente, muda o foco da atividade de trabalho.

O conceito de TPM e zero quebras surgem como consequência do sistema de CQZD e sua aplicação às máquina e equipamentos.

O conceito dos 5s é então inserido como base e fundamento para a aplicação do TPM na indústria.

## 2.9 OS 5 SENSOS

O 5s é um método originado no Japão. Em sua essência vai além de uma metodologia de qualidade. Em seu local de origem este conceito é empregado no meio familiar, sendo utilizado como base para educação. Este conceito tem por objetivo a mudança de atitude através de atividades rotineiras. O ponto central deste método na indústria é tornar evidente pequenos detalhes que podem fazer uma grande diferença no que diz respeito à produtividade, qualidade e segurança dos trabalhadores.

Essas ações são promovidas através de consciência crítica e atitude ativa dos funcionários sobre ações de disciplina e melhoria contínua. (DELGADILLO; LOUREIRO JUNIOR; OLIVEIRA, 2006)

O principal objetivo de um programa baseado no Método 5S é a manutenção da ordem do seu local de trabalho, de forma que ele permaneça sempre organizado, arrumado, limpo, sob condições padronizadas e com a disciplina necessária para que se consiga o melhor desempenho nas atividades de cada um. (DELGADILLO; LOUREIRO JUNIOR; OLIVEIRA, 2006, p. 80).

Os 5 sentidos são apresentados em sua grafia original em japonês, entretanto a nomenclatura original e o termo senso, tem em comum a letra inicial s. Ao traduzirmos os sentidos de sua nomenclatura original estamos nos referindo aos 5S como mostra o quadro 3.

### Quadro 3 – Os 5 sentidos

<p><i>Seiri</i></p>	<p>Senso de Seleção, Utilização e Descarte: Tem por objetivo a otimização de espaço. Com esse espera-se agilizar o trabalho diminuindo tempo de procura de uma determinada ferramenta, diminuindo tempo das atividades e os custos inerente às atividades.</p>
<p><i>Seiton</i></p>	<p>Senso de Ordenação: Tem por objetivo a otimização dos locais onde ficam organizados os materiais e ferramentas de trabalho. Este senso promove a reflexão de qual a frequência de utilização de determinados materiais, documentos ou objetos. Com relação à esta esquemática faz a separação de o que se usa com maior frequência deve estar mais acessível, ao alcance das mãos. O que é utilizado com frequência moderada deve estar mais afastado, porém em local de fácil visualização para alcance. Já o que é utilizado com frequência remota ou ocasional deve estar alocado em gavetas com a devida identificação, armários e outros locais que possam ser localizados, mas não afetem a utilização dos outros materiais. O que não é utilizado deve ser descartado como orienta o senso anterior.</p>
<p><i>Seiso</i></p>	<p>Senso de limpeza: É nesta etapa que se desenvolve a prática de limpeza, ao implementar o método deve-se fazer uma grande limpeza, contemplando os passos anteriores e os que serão apresentados. Mas além disso deve-se identificar os pontos geradores de sujeira, para que seja possível a criação de um padrão, onde estejam indicados os locais, as atividades geradoras de sujeira, os materiais que devem ser utilizados para efetuar a atividade e qual a rotina e periodicidade para cada função.</p>
<p><i>Seiketsu</i></p>	<p>Senso de Padronização: Trata-se da identificação correta das atividades, dos locais de trabalho e das ferramentas e documentos utilizados para o bom desempenho das atividades. É neste ponto de aplicação do método 5s que se faz necessário maior esforço e perseverança no longo médio e longo prazo. Caso não haja real engajamento e mudança de postura de quem está envolvido, este aspecto será o primeiro a falhar. Com isso, a situação irá ser igual ao do início antes da implementação dos sentidos. Entre outras coisas, esta situação pode desmotivar o pessoal envolvido e acabar gerando a ideia de que o método não é eficaz.</p>
<p><i>Shitsuke</i></p>	<p>Senso de Disciplina: Por fim esse é o senso que deve estar presente em todos os outros e é de suma importância para a manutenção do método. Ao consolidar este último senso o programa está efetivamente consolidado. Com isso a aplicação dos 5S passa a ser rotina, torna-se um hábito. Por isso a importância deste senso. Com ele é possível identificar o objetivo central de toda a aplicação dos sentidos que é a mudança de atitude de todos através das pequenas atividades. Somente com o senso de disciplina, o método pode deixar de ser somente uma aplicação pontual e pode ser parte do método de trabalho e dar base a outras metodologias de qualidade, zero defeitos e manutenção autônoma.</p>

Fonte: Adaptado de Delgadillo, Loureiro Junior e Oliveira (2006, p.80)

Deste modo ao tratar destes conceitos como sentidos, as condições de sentido e nomenclatura são satisfeitas através deste modo de organização de raciocínio.

Através da implementação dos sentidos espera-se obter a base para aplicação das metodologias. Pois deste modo o ambiente produtivo estará organizado e padronizado.

## 2.10 INDICADORES

Todos os dias incontáveis variáveis são apresentadas em um ambiente fabril. Valores vindos de diferentes pontos em diferentes processos são computados.

Os dados gerados para os mais diferentes processos e finalidades devem ser devidamente tratados e ordenados, afim de que se possa obter um sistema de gestão industrial.

O sistema de gestão de indicadores na indústria é de grande importância, pois é a partir dele que é possível efetuar melhorias continuamente nos processos e serviços.

Através da gestão de indicadores, e dos indicadores em si, a instituição de trabalho deve se tornar mais competitiva. Alcançando, assim, maior lucratividade.

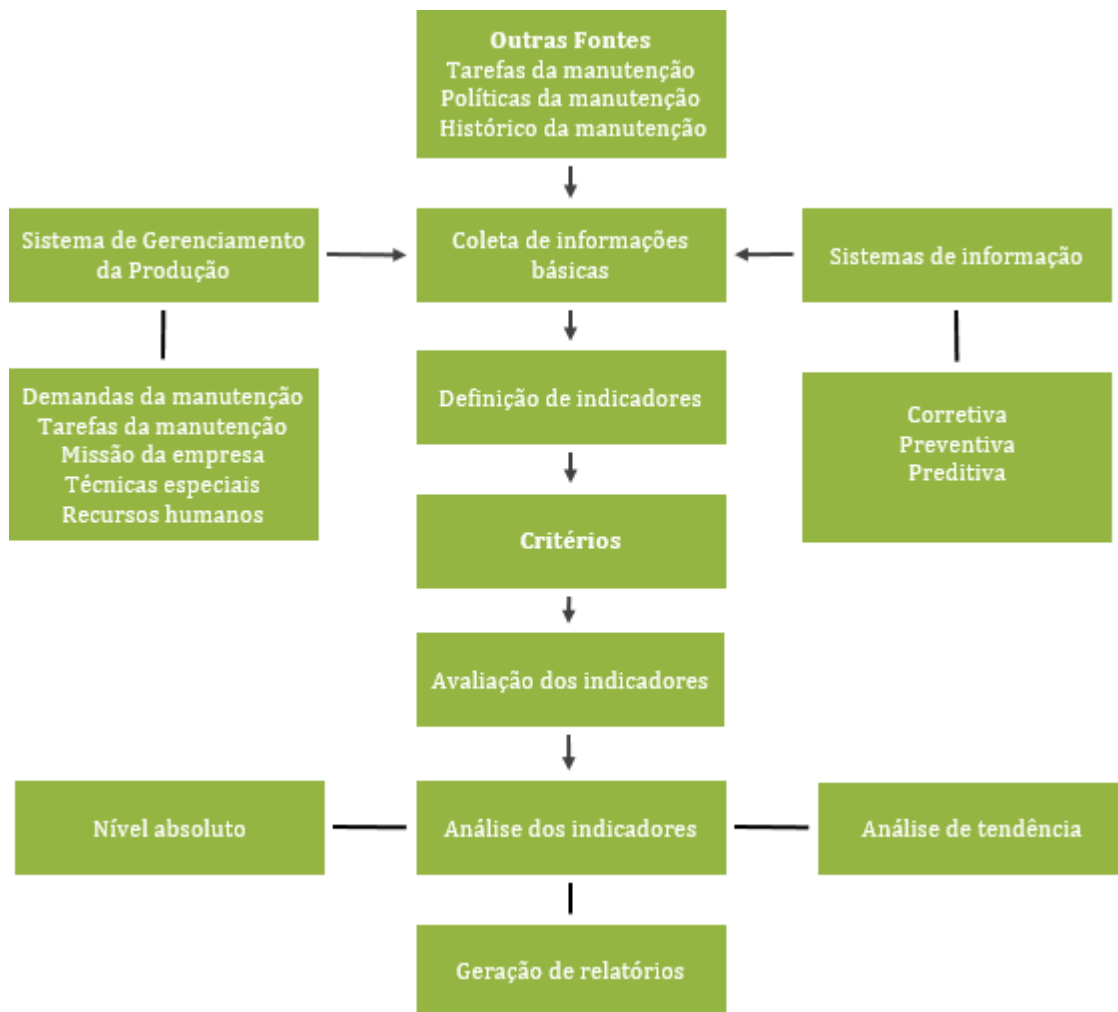
Segundo Martins e Costa Neto (1998) o sistema de gestão de indicadores e sua evolução existem no sentido de capacitar as empresas para o mercado, visando antecipar tendências.

### 2.10.1 Indicadores de Manutenção

No sistema de gestão da manutenção, é imprescindível a disposição de indicadores capazes de guiar de modo estratégico as atividades desenvolvidas.

Na figura 3 pode-se observar a estrutura esquemática de desenvolvimento dos indicadores de manutenção.

**Figura 3 – Sistema de Indicadores de Manutenção**



Fonte: (MARTORELL et al., 1999)

Neste contexto existem dois indicadores capazes de avaliar a frequência de falhas – Tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF), e o impacto da intervenção de manutenção durante a produção – Tempo médio para reparos (*Mean Time to Repair* – MTTR).

## 2.11 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO

A eficiência Global do Equipamento é um conceito originado do STP. É um indicador de performance que aborda a produção de uma forma abrangente pois avalia os conceitos de disponibilidade, da área de manutenção, desempenho, da área de produção, avaliando a velocidade de máquina,



produtividade, e qualidade, que retrata a porcentagem de produtos estão sendo produzidos dentro das especificações e poderão ser comercializados. (TAVARES, 2017) (SENAI, 2012).

Possui grande abrangência e assertividade na medição de performance. Muito utilizado a nível gerencial, principalmente com a finalidade de medir o desempenho entre plantas da produção de produtos iguais ou similares. (TAVARES, 2017)

Na pratica, possuir um indicador de OEE com valores altos significa estar produzindo com qualidade, com alta performance e com boa disponibilidade de máquina.

## 2.12 METODOLOGIA TPM

A crescente demanda por automação nos processos produtivos, juntamente com a tendência de produção *just in time*, deu espaço para o nascimento da metodologia TPM.

A aplicação dos conceitos TPM teve seu início no Japão. Os fundamentos desta nova ferramenta tiveram como inspiração o conceito de Manutenção Preventiva, difundida no Japão em 1950 após a SGM pelos EUA.

Após este primeiro contato, em 1960, o conceito de Manutenção Produtiva foi primeiramente introduzido. Este novo conceito abordara assuntos ligados à aplicação da Manutenção Preventiva, Confiabilidade, Engenharia da Manutenibilidade e Engenharia Econômica, afim de garantir eficiência econômica dos ativos da empresa durante toda a vida útil dos equipamentos. (SUZUKI, 1994)

Enquanto os processos industriais estavam focados na manutenção preventiva e manutenção produtiva, as grandes montadoras investiam forte em equipamentos cada vez mais modernos, afim de diminuir a mão de obra e otimizar o esforço e mitigar o trabalho repetitivo.

Os equipamentos estavam se tornando cada vez mais automatizados e sofisticados, com sistemas complexos de acionamento, operação e controle. Esta revolução tecnológica, impulsionada pela metodologia de produção *just in time*, estimulou cada vez mais a gestão da manutenção de maneira mais

estruturada e precisa afim de atender uma maior demanda, com equipamentos mais sofisticados operando.

Estes fenômenos mudaram a realidade industrial, anteriormente composta por operadores com menor grau de instrução e executores de serviços braçais, para profissionais mais capacitados, a fim de lidar com equipamentos modernos e com sistemas de produção mais eficazes.

Neste novo conceito, não seriam mais admissíveis erros geradores de quebras nos equipamentos, ociosidade no maquinário, falhas de processo, ineficiência de tempo e defeitos de qualidade.

Esta recente realidade da indústria deu espaço a uma nova metodologia capaz de unir toda a equipe envolvida no processo produtivo para possibilitar uma melhor estrutura nas demandas econômicas, de processo e de manutenção de equipamentos. Esta metodologia foi denominada *Total Productive Maintenance (TPM)*. (SUZUKI, 1994)

Segundo Suzuki (1994) originalmente o TPM foi introduzido baseado em 5 pontos que definem a estratégia de aplicação desta metodologia em um processo de produção.

**Quadro 4 – Estratégia de Aplicação do TPM**

Maximizar a eficiência dos sistemas de produção;
Estabelecer um sistema de fácil compreensão que seja capaz de atender toda a vida útil do equipamento
Envolver todos os departamentos na implementação do método
Envolver todos do processo, desde a alta gerência até os operadores
Conduzir as atividades através de pequenos grupos

**Fonte: Suzuki (1994 p.6)**

Deste modo, as estratégias do TPM constituem métricas para alavancar e guiar as metas da indústria. Ao maximizar a eficiência dos sistemas produtivos e integrar todos na gestão dos equipamentos.

## 2.12.1 Gestão dos Equipamentos

Para Suzuki (1994) a gestão de manutenção dos equipamentos no processo produtivo depende em suma de 3 variáveis apresentadas na Figura 1.

Primeiramente é necessário que se estime, calcule e meça as fases do tempo de vida de cada equipamento de uma forma ampla, afim de identificar tendências no início, no meio e no fim do tempo útil dos equipamentos.

Para que seja possível este acompanhamento de tendências faz-se necessários investimentos em tecnologia de controle, e de um bom setor de engenharia, capaz de gerir e administrar dados para tomada de ação em determinados pontos do processo.

O segundo ponto trata-se da definição de qual a melhor abordagem de manutenção tomar para os diferentes casos e particularidades, sendo estes: corretiva, preventiva, preditiva. Para obter bom desempenho na gestão da manutenção é importante que as empresas consigam atrelar todas estas atividades, eficientemente, de modo a eliminar totalmente a ocorrência de falhas.

O terceiro aspecto trata da definição de quais os pontos, especialidades, funções e sistemas deverão ser abordados pelo pessoal da operação e quais deverão ser tratados por especialistas da área.

Figura 4 – O Conceito de Gestão dos Equipamentos



Fonte: Adaptado de Suzuki (1997, p.7)

A figura 4 ilustra de maneira esquemática a representação do ciclo de manutenção atrelado à vida útil do equipamento. De acordo com a estratégia propostas pela metodologia TPM.

A medida que o processo vem se tornando mais automatizados, a intervenção da operação torna-se mais delicada, devido aos sistemas complexos e as análises mais detalhadas. “A combinação de estratégias de zero quebras, zero defeitos e zero acidentes devem ser adaptadas à particularidade do processo, tais como: tanques de coluna, trocadores de calor, equipamento rotativo, etc”. (SUZUKI, 1994, p.8)

A vida do equipamento é expressa na face frontal. Desde seu planejamento até a atividade de manutenção que irá acompanhar o equipamento até o término de vida útil.

Na face lateral direita estão representadas as divisões entre os graus manutenção. A planejada e a não planejada.

Na parte superior do cubo estão as divisões de responsabilidade e também as abordagens a serem utilizadas.

A representação mostra a esquemática da aplicação da metodologia TPM na manutenção.

## 2.13 MANUTENÇÃO NA METODOLOGIA TPM

A implementação da metodologia TPM é uma decisão estratégica da companhia em que será aplicada. Segundo Suzuki (1994) as atividades que serão selecionadas e desenvolvidas, deverão ir de encontro as metas do TPM, de acordo com a estratégia da empresa.

Para Ribeiro (2016) na implementação do TPM, devem ser definidos os pilares que iram servir de apoio para o bom andamento do programa. Segundo Ribeiro (2016) a base fundamental para um bom andamento do TPM em uma empresa é a utilização e manutenção do 5s, pois é a partir dos 5 sentidos que se consegue atingir as metas do TPM, dessa forma sendo fiel ao estilo japonês de aplicação da metodologia.

### 2.13.1 Pilar de Manutenção Autônoma

Este pilar é de grande importância para toda a extensão do programa TPM, pois envolve o setor de operação nas rotinas de manutenção da máquina, quebrando o estigma de que a produção é inimiga da manutenção.

Neste pilar o desenvolvimento conjunto é muito importante e mede a efetividade de aplicação do método. Para Suzuki (1994) existem dois pontos cruciais para desenvolver atividades do pilar de maneira efetiva, que são: detalhamento e continuidade. Através destas diretrizes a implementação do pilar de manutenção autônoma ocorre de maneira assegurada.

As metas de um programa de manutenção autônoma são: Prevenir a deterioração do equipamento através da operação correta e verificações diárias; Levar o equipamento a seu estado ideal através de restauração e gerenciamento apropriado; Estabelecer as condições básicas necessárias para manter bem o equipamento; Utilizar o equipamento como meio de ensinar as pessoas novas maneiras de pensar e trabalhar (SUZUKI 1994, p. 87).

As principais atividades, segundo Suzuki (1994), a serem realizadas pela operação através da manutenção autônoma são:

**Quadro 5 – Principais Atividades da Manutenção Autônoma**

Operação Padrão	Operação correta, ajustes corretos, cenários corretos, (prevenção de erros humanos)
Manutenção Preventiva	Manutenção diária (condições básicas do equipamento, conferência, serviços menores). Manutenção periódica (conferência periódica, vistoria periódica de inspeção, serviços periódicos)
Manutenção Preditiva	Monitoramento das condições, serviços de logo e médio prazo.
Manutenção Paradas	Deteção de anomalias prontamente, reparos de emergência, prevenção de repetições de problemas encontrados

**Fonte: Adaptado de SUZUKI (1994, p. 88)**

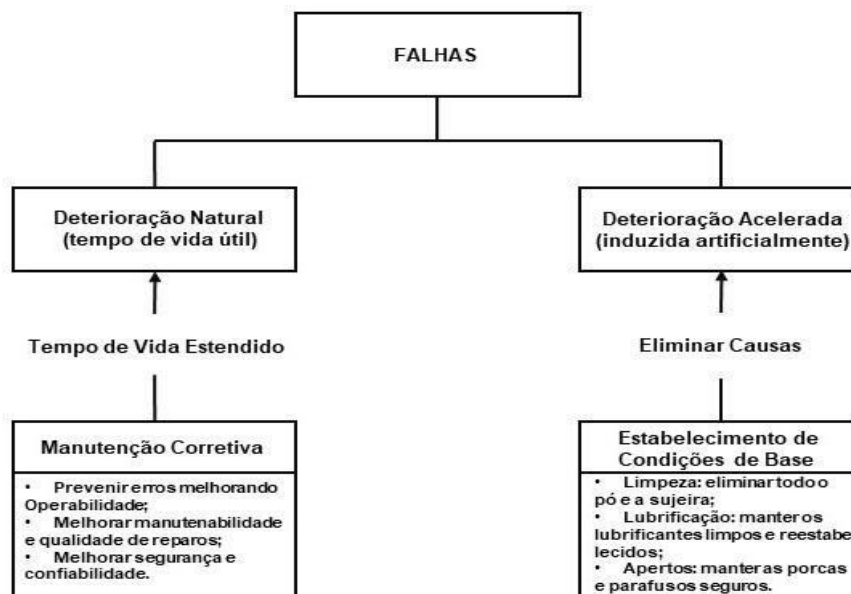
É de grande importância que o setor de manutenção dê todo o suporte para a implementação das atividades de manutenção autônoma.

Para isso existem pontos que devem ser trabalhados, a fim de oferecer condições para um bom andamento das atividades de manutenção autônoma. Segundo Suzuki (1994), estas atividades são:

Fornecer instrução sobre as habilidades de inspeção e ajudar os operadores a prepararem os padrões de inspeção. Fornecer treinamento em técnicas de lubrificação, padronização de tipos de lubrificação e ajudar os operadores a formularem padrões de lubrificação. Tratar rapidamente da deterioração, pequenos defeitos nas condições do equipamento e deficiências nas condições básicas do equipamento. Contribuir com a assistência técnica em atividades de melhoria como a eliminação de fontes de contaminação, torna-las mais acessíveis para limpeza, lubrificação e inspeção e impulsão da eficácia do equipamento.  
(SUZUKI 1994, p. 91).

A figura 5 mostra a importância em restituir as condições de base do equipamento através das atividades de manutenção autônoma, e qual a influência destas atividades na prevenção contra as falhas nos equipamentos.

**Figura 5 – Estabelecendo as Condições Básicas dos Equipamentos**



Fonte: Adaptado de Suzuki (1997, p.91)

### 2.13.2 Pilar de Manutenção Planejada

Segundo Suzuki (1994) a manutenção planejada é a atividade deliberada, metódica da construção que continuamente melhora o sistema de manutenção.

Os processos em diferentes tipos de produção consistem em equipamentos tais quais colunas, bombas, trocadores de calor, sistema estáticos e dinâmicos, afim de transportar, processar e distribuir a matéria prima nos mais diferentes tipos de aplicações.

Os sistemas de medição e controle são capazes de acompanhar as atividades dos equipamentos. Com isso é possível submeter a matéria prima a diversos tipos de processos químicos, físicos e biológicos, afim de atingir as propriedades desejadas.

Conforme a crescente demanda por produtos industrializados, as velocidades de operação das máquinas aumentaram. Este fenômeno faz com que o equipamento opere em sua capacidade máxima de trabalho, ou até mesmo exceda este limiar.

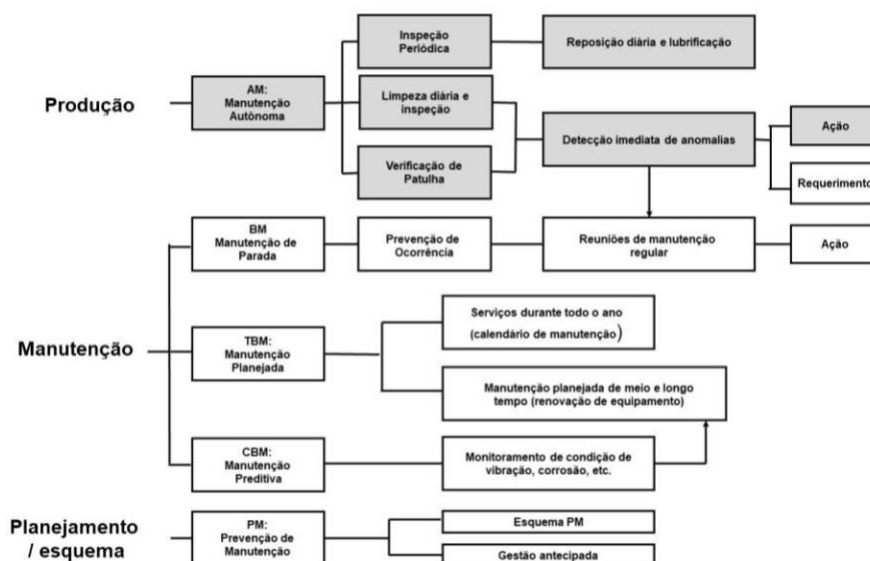
Para isso é importante acompanhar o funcionamento dos equipamentos, afim de manter padrões altos de confiabilidade. Esta é a tarefa essencial para manutenção planejada neste modelo de trabalho.

No contexto de aplicação da metodologia TPM, a tarefa da manutenção passa a ser focada no planejamento e na execução de trabalhos especiais. Ou seja, no monitoramento e intervenção nos equipamentos afim de garantir a sua confiabilidade e disponibilidade.

As rotinas de inspeção, lubrificação e ajuste, ao fim dos passos e da aplicação da metodologia como um todo, deve se tornar atividade do setor de produção.

A seguir a figura 6 mostra o papel de cada um dos setores em um processo de fabricação e como eles se relacionam em prol da atividade de manutenção.

**Figura 6 – Sistema de Manutenção dos Equipamentos**

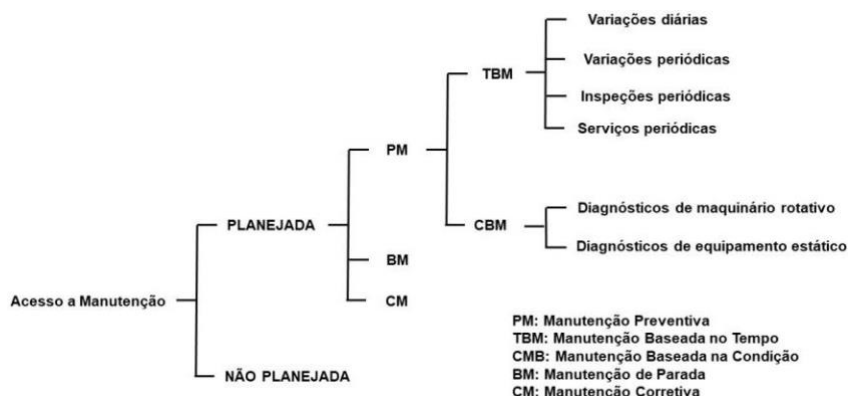


Fonte: Suzuki (1997, p.126)

Através do trabalho conjunto com a manutenção autônoma, as atividades do pilar de manutenção planejada podem ser mais direcionadas.

A figura 6, mostra de maneira esquemática o fluxo de funções e atividades a serem realizadas pela manutenção planejada. Através desta análise é possível identificar como as ações se dividem dentro da manutenção planejada.

**Figura 7 – Distribuição dos Tipos de Manutenção por Atividade**



Fonte: Suzuki (1997, p.149)



Conforme identificado na figura 7, o autor Suzuki (1994) descreve a manutenção planejada a partir de alguns conceitos, os quais estão apresentados como se segue:

#### 2.13.3 Manutenção Baseada no Tempo – *Time Based Maintenance* (TBM)

Consiste na realização de inspeções de limpeza e substituição de peças para prevenir e antecipar falhas repentinas.

Este regime de manutenção deve ser detectado pela manutenção autônoma, em inspeções e atividades de limpeza e a manutenção planejada deve ter conhecimento para realizar qualquer substituição que seja necessária.

Por isso é importante uma boa comunicação entre os pilares neste tipo de situação.

#### 2.13.4 Manutenção Baseada nas Condições – *Condition Based Maintenance* (CBM)

Este regime de manutenção é definido pela análise do estado real do equipamento a todo momento.

Segundo Suzuki (1994, p. 148) "...a manutenção baseada nas condições é desencadeada pelas condições reais do equipamento mais do que pela transcorrência de intervalo de tempo pré-determinado".

### **3 METODOLOGIA**

Nesta seção serão expostas a definição de pesquisa, o procedimento de coleta de dados e as características dos quais o trabalho foi realizado. A partir da definição da metodologia de pesquisa, coleta de dados e organização dos dados coletados espera-se desenvolver o raciocínio de modo a analisar sistematicamente os dados obtidos.

### 3.1 DEFINIÇÃO DE PESQUISA

Segundo Silva e Menezes (2005) vários autores definem a pesquisa de diferentes formas. Entretanto existe em essência, particularidades que unificam os conceitos sobre pesquisa científica.

“Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos”. (SILVA; MENEZES, 2005, p.20).

Há no desejo de se realizar uma pesquisa científica, um fator primordial. Ou seja, algo ao que alguém se dispôs a realizar estudos sobre. Seja acerca de um tema ou assunto específico.

Segundo Gil (2002) tem-se que a necessidade de reunir conhecimentos para uma determinada aplicação prática, em conjunto com a demanda de estudos relacionados a este assunto afim de compreender, enriquecer e agregar valor ao conteúdo estudado, constitui o cerne para a realização de uma pesquisa científica.

Para Silva e Menezes (2005), a pesquisa do ponto de vista sua natureza, pode ser básica ou aplicada.

Por pesquisa básica entende-se que esta irá gerar conhecimentos válidos e novos para o desenvolvimento da ciência. Já no que se entende sobre a pesquisa aplicada, há a necessidade de estudo sobre um assunto prático com verdades e interesses locais. (SILVA; MENEZES, 2005).

No que diz respeito à abordagem da pesquisa, tem-se segundo Silva e Menezes (2005) a abordagem qualitativa e a abordagem quantitativa.

Entende-se por quantitativa a abordagem focada na análise de dados numéricos, onde todos os dados podem ser tratados em formato numérico. Neste tipo de análise faz-se extenso uso de ferramentas tais como percentagem, média, moda, mediana, desvio padrão, etc. Já no que se trata da abordagem qualitativa, trata-se de uma abordagem descritiva de dados, os quais não podem ser convertidos em número, por isso não demandam de técnicas estatísticas de análise. Neste caso “o processo e o seu significado são os focos principais da abordagem”. (SILVA; MENEZES, 2005).

Referente aos objetivos da pesquisa, segundo Gil (2002), pode-se classificar da seguinte forma: Pesquisa exploratória, descritiva e explicativa.

A pesquisa com objetivo de caráter exploratório tem por objetivo a explanação do objeto de estudo, afim de tornar explícito e definir hipóteses acerca do que se está estudando. Na pesquisa descritiva, o objetivo é descrever as características de um determinado foco de estudo. Para isso define-se um processo de coleta de dados padronizado. Quando o objetivo da pesquisa é de natureza explicativa, procura-se identificar os fenômenos envolvidos no objeto de estudo e procura-se explicar as causas para ocorrência dos fenômenos levantados. Gil (2002)

Este objeto de estudo, em sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois visa aplicar conhecimentos metodológicos a um problema prático encontrado na indústria. Do ponto de vista da abordagem, trata-se de uma análise qualitativa. Através da coleta e interpretação dos dados, se espera implementar conceitos qualitativos ao transcorrer do trabalho.

Pode ser observado que o presente estudo tem como objetivo uma natureza exploratória. A partir da explanação dos conceitos metodológicos e coleta de dados, busca-se inferir através de hipóteses que sejam capazes de solucionar o problema proposto.

### 3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

O presente trabalho pretende analisar os dados obtidos, e inferir através dos conhecimentos adquiridos ao decorrer do curso de graduação, tanto quanto no referencial teórico aqui apresentado.

Para realização do trabalho foram elencados os itens, conforme o quadro 6, que compunham a completa realização do trabalho.

Através da análise orientada como demonstra o quadro 6, foi possível intervir traçar um caminho para alcançar os objetivos propostos.

A definição da sequência descrita no quadro 6 em suma visou a ordem cronológica de levantamento bibliográfico, estudo e negociação com a empresa em que se iria realizar o trabalho

### Quadro 6 – Definição dos Passos para Realização do Trabalho

Definição do tema de estudo
Determinação dos objetivos do trabalho
Levantamento bibliográfico
Definição do local para análise
Determinação do sistema de estudo
Determinação da metodologia de pesquisa
Definição do sistema de coleta de dados
Desenvolvimento do trabalho
Conclusões finais

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

#### 3.2.1 Coleta de dados

ERP (Enterprise Resource Planning) utilizado pela empresa. Este sistema é o SAP.

As notas de manutenção são cadastradas como mostra o quadro 7.

### Quadro 7 – Códigos de Notas de Manutenção SAP

M1	Solicitação para Reestabelecimento Condições de Base
M2	Solicitação de Emergência
M3	Solicitação de Acompanhamento Técnico
M4	Solicitação de Serviço Plantão de Manutenção
M5	Solicitação de Inspeção
M6	Solicitação de Melhoria - Engenharia
M7	Solicitação de Gestão Autônoma
M8	Solicitação de Melhoria Segurança
M9	Solicitação Serviço Oficina

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

Dentro deste sistema é possível armazenar inúmeras informações de toda as áreas da empresa. A manutenção utiliza o software para gerenciar suas

atividades, tais como locais de instalação dos equipamentos, árvore de componentes e dados de manutenção.

Como descrito no quadro 7, cada nota tem uma funcionalidade. Estes parâmetros são determinados pela empresa. Sendo assim a fornecedora do software permite ao cliente a nomeação de cada código como desejar.

Para a realização do trabalho foram utilizadas as notas M1 que são relacionadas às solicitações de manutenção de quebra. Desta forma, quando o equipamento já apresentou falha ou não está mais desempenhando a atividade em sua performance ideal a manutenção é solicitada através da utilização de uma nota M1.

As notas M1 são abertas essencialmente pelo setor de operação ou até mesmo pelo setor de manutenção que utiliza os dados das notas para emitir ordens de manutenção e programar a atividade conforme disponibilidade do efetivo.

Ao se fazer a coleta dos dados foi possível transferir os dados do SAP para o software excel. Desta forma tornou-se possível a análise dos dados obtidos em forma de tabelas e gráficos.

Dentre os vários dados fornecidos pelo SAP, os de interesse para análise deste trabalho estão listados como mostra o quadro 8 a seguir.

**Quadro 8 – Dados Coletados do ERP da Empresa**

Tipo de Nota de Manutenção
Local de Instalação
Número de Solicitações M1
Descrição da Solicitação
Data de Abertura da Nota

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

Para identificar os dados como mostrado no quadro 8, foram realizados filtros no sistema SAP por notas abertas no período de 01 de janeiro de 2019 até 31 de dezembro de 2019. A partir destes dos dados obtidos outro filtro foi

realizado para o local de instalação do sistema de bombeamento de condensado.

Os dados de tempo médio de reparo não eram disponibilizados pelo sistema SAP da empresa.

Para efetuar a análise dos tempos de intervenção da manutenção nos itens de estudo foi utilizado um questionário, o qual está disponível no apêndice A.

### 3.2.2 Análise dos Dados Coletados

Os dados coletados como descrito anteriormente, foram obtidos para determinar os parâmetros de interesse no desenvolvimento do trabalho. A relação destes dados e a justificativa para coleta estão descritas no quadro 9.

**Quadro 9 – Relação dos Dados Coletados e Justificativa de Análise**

Tipo de Nota de Manutenção	Filtrar as notas M1
Local de Instalação	Selecionar o sistema de bombeamento de condensado
Número de Solicitações M1	Determinar o número de falhas apresentadas no sistema de estudo
Descrição da Solicitação	Determinar a síntese da falha
Data de Abertura da Nota	Determinar os dados de MTBF

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

Através dos dados obtidos relacionados no quadro 9, foi possível efetuar o desenvolvimento do trabalho.

No que diz respeito às notas M1, de acordo com a empresa, são todas as solicitações de manutenção dos membros da operação e da própria manutenção. Estas solicitações visam reestabelecer as condições ideais dos equipamentos.

O local de instalação compreende um conjunto de equipamentos, que estão ligados diretamente ao funcionamento do sistema de bombeamento. Este é o meio de separação utilizado na empresa. Conforme descrito no sistema de

bombeamento, o local de instalação apresenta os equipamentos conforme o quadro 10.

**Quadro 10 – Equipamentos Local de Instalação Bombeamento de Condensado**

Bomba
Motor de acionamento elétrico
Componentes de acionamento do motor
Acoplamento motor e bomba
Juntas de conexão da tubulação
Tubulação de alimentação e fornecimento
Outros elementos como rolamentos, etc.

**Fonte: A autoria Própria (2020)**

Deste modo, as solicitações de manutenção para os elementos listados no quadro 6, são ligadas ao local de instalação. Cada sistema de bombeamento possui um local de instalação. No total foram 11 locais de instalação analisados. Este total constitui todo o sistema de bombeamento da máquina de papel.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

O presente trabalho pretende analisar, através de indicadores, a atividade de manutenção em um determinado conjunto de elementos de bombeamento, afim de aplicar os conceitos da metodologia TPM.

### **4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

A empresa onde o trabalho foi realizado atua do ramo de papel e celulose. Situada no interior do Paraná, está a mais de 100 anos no setor, atualmente com foco na produção de papéis para embalagens.

A atividade produtiva na planta estudada se concentra na fabricação de papel cartão e papel kraftliner.

A empresa conta com forte atuação no desenvolvimento de pesquisa. Dentre os estudos o foco está no desenvolvimento de aplicações de barreiras para líquidos, gordura entre outros estudos direcionados à aplicação de papel

para embalagens, produtividade florestal e novas aplicações para os produtos da madeira.

## 4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de produção de papel como um todo pode ser dividido em sub processos, afim de que se torne clara a ordem da cadeia produtiva.

O início está no plantio da madeira, corte e estocagem. Neste setor são definidas as espécies de madeira e é no manejo florestal (tempo de corte, espessura da madeira, entre outros) que a empresa traça sua estratégia de mercado a longo prazo.

Posteriormente a madeira é direcionada ao pátio picador, onde a madeira é descascada e picada em forma de cavacos.

Na sequência tem-se fabricação de celulose. A madeira em sua forma natural é picada e entregue pelo setor de picagem de madeira.

Posteriormente entra em digestores e com adição de químicos específicos, calor e pressão a níveis determinados torna-se uma pasta processada, que após alguns sub processos está pronta para a produção de papel.

Na conversão de cavacos de madeira em matéria prima para produção de papel existem várias transformações químicas, incluindo a geração de licor negro.

O licor negro é o produto da reação dos digestores que não será utilizado na produção de papel, entretanto exibe grande potencial de geração de energia. Este licor passa por estágios de tratamento e é direcionado para as caldeiras de recuperação.

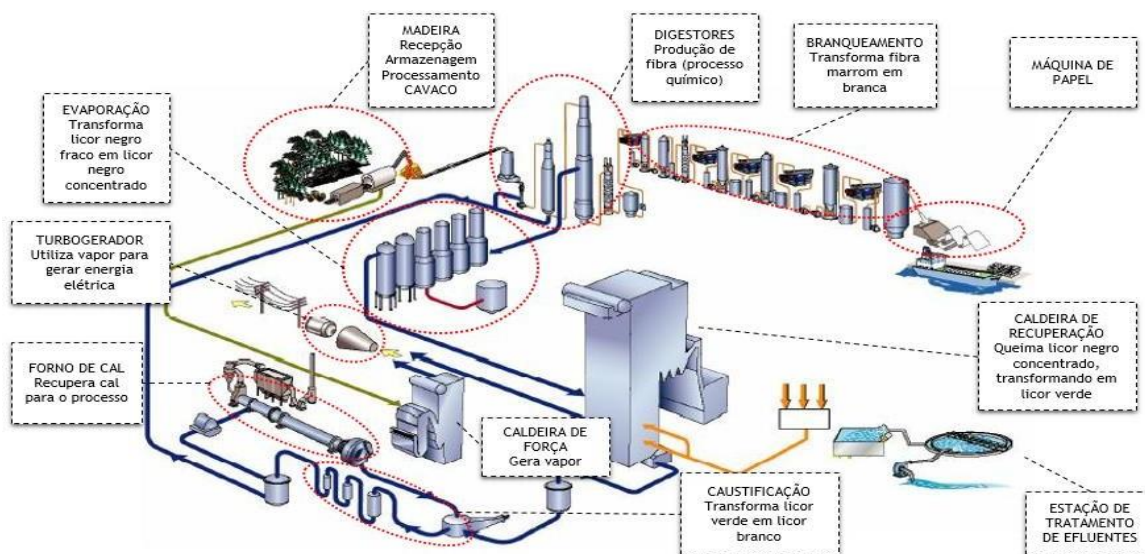
As caldeiras de recuperação queimam o licor negro com a finalidade de aquecer vapor. O vapor é aquecido e atinge pressões na escala de 100 bar, e juntamente com caldeiras de força (caldeiras de biomassa), que servem para suplementar a produção de vapor, são direcionadas para um sistema de turbinas a vapor, que geram cerca de 80% da energia elétrica utilizada pela fábrica toda. O vapor que deixa as turbinas está na faixa de 15 bar de pressão e é ideal para utilização no processo de secagem para a produção de papel.



Então a matéria prima extraída da madeira que foi processada pelos digestores é encaminhada por uma linha de tubulações até as máquinas de papel. Diferentes combinações de matéria prima formam o portfólio de produtos da companhia.

A figura 8 ilustra o processo desde o início até a máquina de papel.

**Figura 8 – Processo de Preparo de Matéria Prima para Produção de Papel**

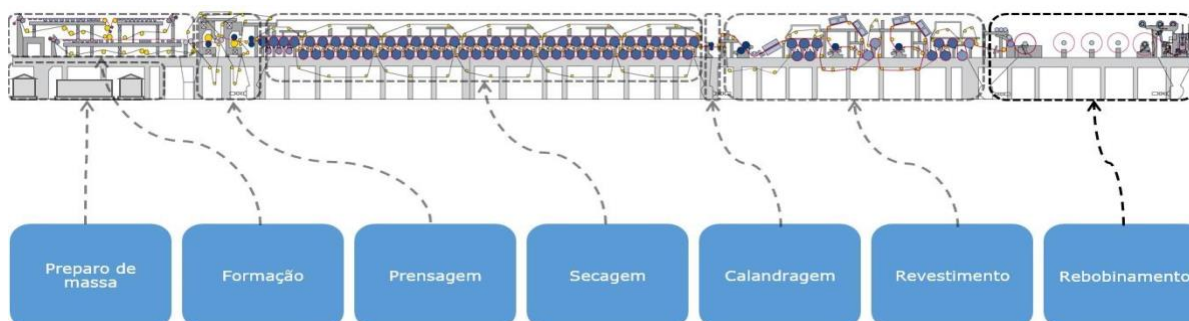


Fonte: (FRANCO; MORAIS, 2019)

O processo de produção de papel consiste em preparar a massa para entrada na máquina. De um modo geral pode-se dizer que a produção de papel após o preparo de massa consiste em retirar a água.

A figura 9 mostra os sub processos de uma máquina de papel cartão.

**Figura 9 – Fases de Produção em uma Máquina de Papel Cartão**



Fonte: (FRANCO; MORAIS, 2019)

Após o preparo de massa inicia-se o processo de extração de água nas mesas planas, onde a água é retirada por gravidade e vácuo.

Na sequência há o processo de prensagem, que através de força mecânica extrai mais água do papel e absorve nos chamados feltros, que envolvem o papel neste processo.

Logo mais à frente há o setor de secagem, que utiliza o vapor vindo das caldeiras para retirar a água que está ligada às fibras de celulose, ou seja, a água que não saiu nos processos anteriores da máquina de papel.

Posteriormente o papel segue para um processo de calandragem, que serve para ajustar o perfil de espessura.

Para o papel cartão tem-se a aplicação de tinta na superfície, em um equipamento denominado *coater*. No papel kraftliner não há aplicação de tinta na superfície, sendo assim a máquina é muito semelhante, entretanto com a ausência do *coater*.

Ao fim do processo o papel é enrolado e rebobinado. No rebobinamento são efetuados os cortes na folha. Esta sai da máquina como uma única bobina em um rolo metálico chamado estanga, e é convertida em bobinas menores em rolos de papelão, os tubetes, completando assim o embobinamento.

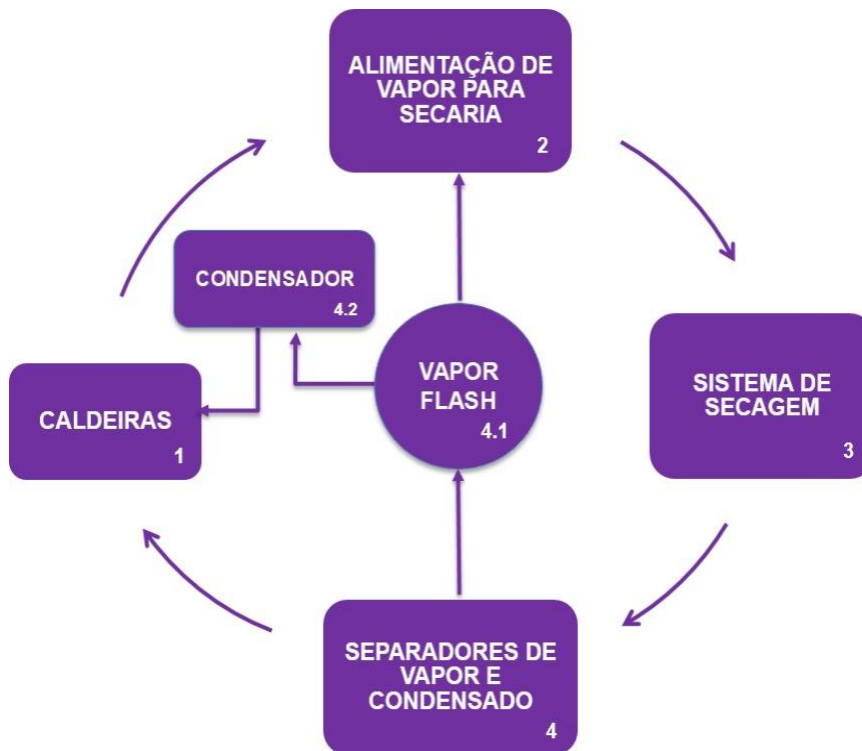
Ao fim do processo produtivo do papel, este é encaminhado para o setor de embalagem, onde recebe uma capa protetora. Neste estágio cada bobina recebe um código de rastreio e seque para o estoque onde ocorre a expedição.

A produção de papel conta com diversos equipamentos e processos de grande complexidade. Para que seja realizado, há uma grande demanda de energia. Dentre estas fontes de energia está o de vapor, que é fornecido pelo sistema de caldeiras.

O vapor na máquina de papel tem a função de fornecer energia térmica para todos os elementos que demandam tal energia, em especial, a secagem do papel. Essencialmente o vapor que entra na máquina tem a função de se condensar, ou seja, transferir sua energia térmica ao processo.

A figura 10 mostra de maneira esquemática o caminho que o vapor toma desde sua produção no sistema de caldeiras, até a sua aplicação final, ou seja, o fornecimento de energia ao processo de produção de papel e conseqüentemente a sua condensação.

Figura 10 – Esquema de Distribuição de Vapor na Máquina de Papel



Fonte: Autoria Própria (2020)

O vapor que passa pelo sistema de secagem e não se condensa é denominado vapor de flash. Este vapor é separado do condensado e é redirecionado para a alimentação do sistema de secagem ou secaria

#### 4.3 O SISTEMA DE ESTUDO

O sistema de estudo tem a função de encaminhar o vapor que foi condensado no processo de secagem de papel para o sistema de caldeira. Afim de que seja aquecido novamente e esteja apto a fornecer energia.

O sistema em questão trata-se de um conjunto de elementos de bombeamento.

Afim de entender mais sobre o sistema de bombeamento estão algumas especificações técnicas das bombas dispostas na tabela 1.

**Tabela 1 – Dados Técnicos das Bombas de Extração de Condensado**

CONJUNTO		BOMBA		MOTOR	
Número	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Altura manométrica (mca)	Rotação (rpm)	Potência (cv)	
1	104	65	1800	40	
2	13,2	54	1800	10	
3	12,3	34	3600	50	
4	104	65	1800	40	
5	13,2	54	1800	10	
6	12,3	34	3600	50	
7	12,3	32,5	3600	5	
8	11,8	45	1800	7,5	
9	9	20	1800	3	
10	9	20	1800	3	
11	9	20	1800	3	

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

A partir dos dados da tabela acima é possível identificar a capacidade de vazão e pressão das bombas, como também as características de velocidade e potência dos motores acionadores.

A figura 11 mostra o sistema de bombeamento em seu local de instalação.

**Figura 11 – Conjunto de Bombeamento de Condensado**



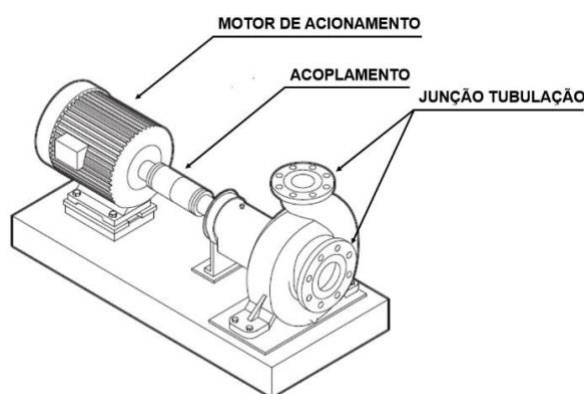
**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

É possível observar o sistema completo de bombeamento de condensado. Este é composto por um motor de acionamento, um sistema de

acoplamento, evidenciado pela cor amarela na figura 8, e a bomba em si que direciona e impulsiona o fluido para o local desejado.

. A figura 12 mostra de maneira esquemática os elementos que compõem o sistema de bombeamento.

**Figura 12 – Elementos Construtivos do Sistema de Bombeamento de Condensado**



**Fonte: Goulds Pumps (2019)**

Pode-se observar na figura 12 que o sistema de bombeamento é composto por um motor de acionamento elétrico, que transmite torque para a bomba através do acoplamento. Deste modo a bomba é capaz de gerar vazão na tubulação que é ligada na junção da bomba para tubulação.

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS DE MANUTENÇÃO

Para obtenção dos dados foi utilizado o sistema ERP da empresa. A partir de da análise individual de cada solicitação de manutenção, foi possível fazer uma correlação com os subsistemas de funcionamento do conjunto de bombeamento.

O quadro 11 mostra as sínteses de falhas referentes a cada subsistema do conjunto de bombeamento.

As sínteses foram elencadas conforme a descrição das notas de manutenção M1.

Através da análise descrita foi possível realizar as descrições como apresentadas a seguir.

### Quadro 11 – Sínteses de Falha do Sistema de Bombeamento

1	Falha junta tubulação
2	Falha componente de vedação interno da bomba
3	Falha acoplamento motor e bomba
4	Falha tubulação externa
5	Falha elétrica motor de acionamento

**Fonte: Autoria Própria (2019)**

A tabela 2 mostra os dados referentes a solicitações de manutenção, com as sínteses de falha numeradas como mostra o quadro 11. Os dados são referentes ao período de janeiro de 2019 até dezembro de 2019.

**Tabela 2 – Solicitações de Manutenção Conjunto de Bombeamento 2019**

TIPO DE FALHA	Nº DE FALHAS	MTBF (dias)	MTTR (minutos)
1	6	56	120
2	6	35	130
3	6	64	140
4	5	53	180
5	4	62	210

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

A partir da análise dos dados apresentados na tabela 2, foi possível criar indicadores. Os dados da tabela 2 responde o primeiro objetivo específico do trabalho aqui apresentado.

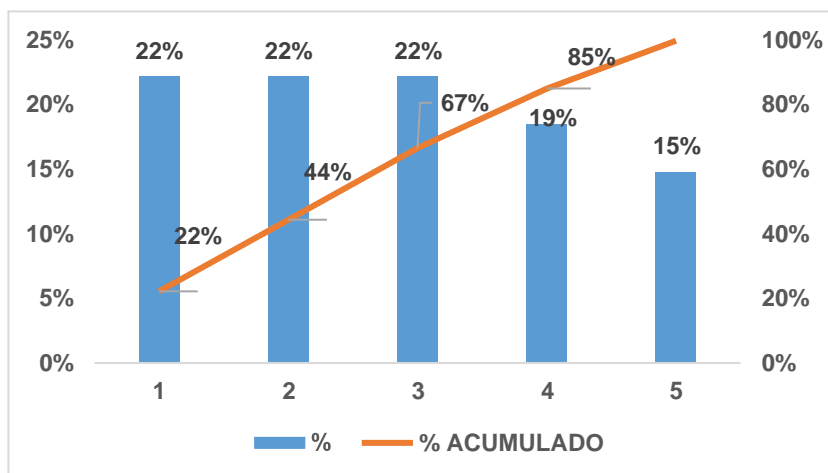
#### 4.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores são capazes de tornar a visualização de um determinado fenômeno de maneira visualmente organizada. Possibilitando deste modo, tomadas de decisão mais assertivas.

Com relação aos dados obtidos na seção anterior, usou-se a método descrito na figura 2 do presente trabalho para definir o indicador que melhor avalia as condições do equipamento em um determinado intervalo de tempo.

#### 4.5.1 Indicador de Número de Falhas

Baseando-se na tabela 2 e no quadro 11, tratando o segundo objeto específico do trabalho tem-se os indicadores (MTBF, MTTR e N° de Falhas). Entretanto neste caso será formulado o indicador com base no número de falhas.



**Gráfico 1 – Priorização dos Sistemas de Bombeamento pelo Número de Falhas no ano de 2019**

Fonte: Autoria Própria (2020)

A partir da análise do gráfico 1 foi possível elencar alguns sistemas prioritários para a atividade de manutenção. Os sistemas estão priorizados de acordo com o quadro 12.

**Quadro 12 – Priorização de Acordo com o Número de Falhas de 2019**

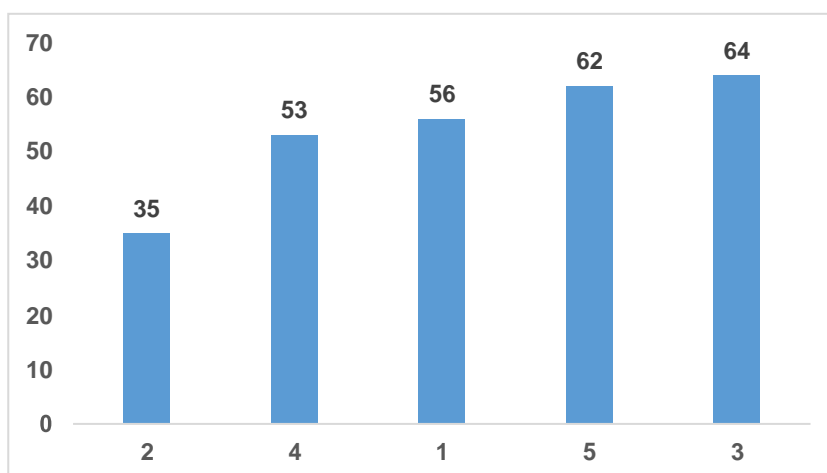
Falha junta tubulação
Falha componente de vedação interno da bomba
Falha acoplamento motor e bomba
Falha tubulação externa
Falha elétrica motor de acionamento

Fonte: Autoria Própria (2020)

Através da análise é possível visualizar quais são os modos de falha prioritários, de acordo com a ordem do quadro 12. Deste modo, as falhas que necessitam maior atenção ao se tratar do número de falhas.

#### 4.5.2 Indicador de MTBF

Como apresentado anteriormente, uma das possíveis formulações para os dados da tabela 2, é a do indicador de manutenção baseado no MTBF. A seguir está o indicador que expressa a priorização da manutenção baseada no MTBF.



**Gráfico 2 – Análise de MTBF para o sistema de Bombeamento no ano de 2019**  
Fonte: Autoria Própria (2020)

Partindo da análise do gráfico 2, é possível verificar que ao se tratar do tempo médio entre falhas há uma diferenciação nos itens prioritários para a atividade de manutenção.

Os itens que apresentam maior prioridade com relação ao MTBF, estão listados como pode-se observar no quadro 8.

**Quadro 13 – Priorização das Falhas de Acordo com o MTBF de 2019**

Falha componente de vedação interno da bomba
Falha tubulação externa
Falha junta tubulação
Falha elétrica motor de acionamento
Falha acoplamento motor e bomba

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

A partir da análise dos dados obtidos e apresentados no quadro 13, é possível identificar os itens prioritários partindo da análise do MTBF no período de 2019.



Por se tratar de um valor médio o MTBF pode, por sua vez, não apresentar as variações dos dados em torno do valor médio. Para isso é interessante obter valores de desvio padrão para os valores médios encontrados. Valores médios e de desvio padrão estão expressos na tabela 3.

**Tabela 3 – MTBF e Desvio Padrão**

TIPO DE FALHA	MTBF (dias)	Desvio padrão	Desvio padrão (%)
1	56	79	142%
2	35	19	54%
3	64	38	59%
4	53	47	88%
5	62	39	62%

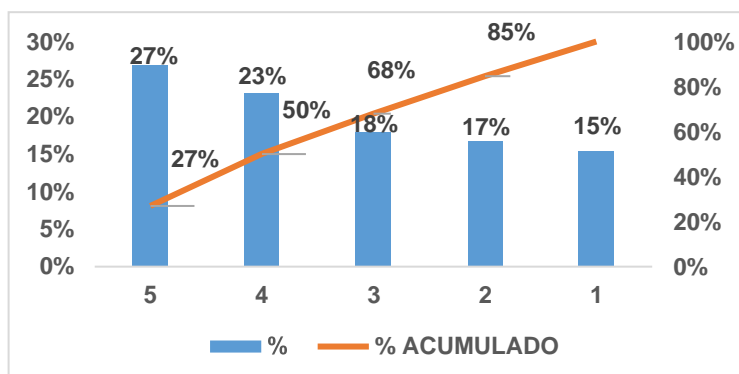
Fonte: Autoria Própria (2020)

É possível através da análise da tabela 5 evidenciar a grande dispersão de dados. Deste modo pode-se verificar que o desvio padrão varia até 142% do valor da média em um dos modos de falha.

Com isso, é possível afirmar que as falhas ocorrem em um intervalo de tempo bastante disperso.

#### 4.5.3 Indicador de MTTR

Outro dado importante no processo de decisão da atividade de manutenção é o MTTR. Que pode ser priorizado a partir da tabela 2 como se segue no gráfico 3.



**Gráfico 3 – Priorização dos Sistemas de Bombeamento pelo MTTR no ano de 2019**  
Fonte: Autoria Própria (2020)

Ao se tratar do tempo médio de reparo, pode-se concluir a partir do gráfico 3. A prioridade de acordo com a ordem do quadro 14.

**Quadro 14 – Priorização das Falhas de Acordo com o MTTR de 2019**

Falha elétrica motor de acionamento
Falha tubulação externa
Falha acoplamento motor e bomba
Falha componente de vedação interno da bomba
Falha junta tubulação

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

É possível observar através dos dados obtidos e listados no quadro 14, a ordem de priorização dos itens descritos conforme análise.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para Suzuki (1994), existem 6 medidas para atingir o objetivo de falha zero. Como mostra o quadro 15.

**Quadro 15 – As 10 Grandes Perdas no Processo Produtivo**

Perda por falha nos equipamentos
Perda por falha no processo
Perda por ociosidade ou pequenas paradas
Perda de velocidade
Perda por defeito no processo
Reinício e perda de produção
Perda de energia
Perda por defeito de qualidade
Perda por vazamentos
Perda de mão de obra

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

Ao se tratar da manutenção dos equipamentos, pode-se desenvolver diferentes estratégias, sejam elas, gerenciais ou de abordagem em campo.

Através da análise do quadro 15 é possível atender ao terceiro objetivo específico do trabalho aqui apresentado. Segundo Suzuki (1994) a falha dos equipamentos está em primeiro lugar em uma lista de 10 maiores causadores de perdas na indústria.

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, foi possível, através dos indicadores, visualizar o cenário atual do sistema de bombeamento de condensado no período de coleta de dados.

Para Suzuki (1994) reduzir a perda por falha nos equipamentos representa reduzir o maior causador de falhas no processo como um todo. Por isso, traçar um bom plano de manutenção deve ser uma decisão estratégica da empresa.

Para isso estão listadas, no quadro 16, as 6 medidas para atingir a falha zero no processo.

**Quadro 16 – As 6 Medidas para Falha Zero**

Estabelecer as Condições de Base dos Equipamentos
Definir Padrões Ideais de Operação
Restaurar Deterioração do Equipamento
Eliminar Condições de Deterioração Acelerada
Eliminar Falhas de Projetos dos Equipamentos
Melhorar as Habilidades da Produção e da Manutenção

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

Como definido anteriormente. Falha é todo e qualquer desvio de um determinado equipamento com relação aos seus parâmetros ideais de funcionamento.

Para que seja definida a falha de um equipamento, este pode estar apresentando algum desvio de suas condições ideais, características fora do especificado ou até mesmo a completa interrupção do funcionamento.

Nesse contexto é possível tratar a falha segundo os seus impactos no processo. Desta forma pode-se subdividir o conceito de falha com relação ao número de falhas, tempo entre falhas e tempo de reparo como mostra o quadro 17.

**Quadro 17 – Divisão de Falhas com Relação ao Tempo**

Número de Falhas	Quantidade de falhas em um determinado período
Frequência de Falhas	Período de tempo médio entre falhas (MTBF)
Intensidade da Falha	Tempo para reestabelecimento do equipamento (MTTR)

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

Através da análise do quadro 17 e do levantamento do sistema de bombeamento de condensado é possível traçar uma estratégia para realização da atividade de manutenção.

### 5.1 ANÁLISE DOS SISTEMAS POR NÚMERO DE FALHAS

Ao tratar os dados obtidos no desenvolvimento do trabalho e elencar de acordo o maior número de falhas, conforme quadro 12, é possível inferir sobre o funcionamento do sistema.

Afim de conter a deterioração acelerada Suzuki (1994) indica limpeza, lubrificação e reaperto como principais causas para a deterioração acelerada do equipamento.

**Quadro 18 – Causa e Ações para Prevenir a Deterioração Acelerada**

TIPO DE FALHA	CAUSAS	AÇÕES
Falha junta tubulação	Limpeza	Eliminar toda poeira e marcas de graxa afim de tornar visíveis problemas antes não detectados
Falha componente de vedação interno da bomba		
Falha acoplamento motor e bomba	Lubrificação	Prevenir sobreaquecimento e falhas. Mantendo o lubrificante renovado e na condição ideal
Falha tubulação externa	Reaperto	Prevenir componentes soltos, vibração excessiva e quebras por elementos desgaste excessivo.
Falha elétrica do motor de acionamento		

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

O quadro 18 mostra os tipos de falhas prioritários e as principais ações para desacelerar a deterioração do equipamento como um todo.

Segundo Suzuki (1994) a deterioração acelerada é dada por ambiente prejudicial ao bom funcionamento do equipamento.

É importante que seja realizada a limpeza, lubrificação e reaperto em todos os sistemas. Mas de acordo com a análise do número de quebras, tem-se que os primeiros tipos de falha da tabela 5 devem ser priorizados.

### 5.1.1 Ações Propostas

Para que sejam garantidas as ações de limpeza, lubrificação e reaperto é importante que haja interação entre os setores de produção e manutenção.

Conforme a figura 1 as atividades do setor de manutenção e produção se interceptam no que é denominado manutenção autônoma.

Neste contexto, conforme a figura 1 a atividade da manutenção preventiva tem como parte constituinte a aplicação da manutenção autônoma.

Para Suzuki (1994) o setor produtivo deve ser ativo nas atividades conforme descrito no quadro 19.

**Quadro 19 – Responsabilidades da Manutenção Autônoma**

Operar corretamente o equipamento
Efetuar o ajuste correto
Realizar a limpeza do equipamento
Efetuar a lubrificação dos componentes do equipamento
Realizar reaperto dos elementos de fixação
Checar a deterioração e condições de uso diariamente

**Fonte: Autoria Própria (2020)**

Para desempenhar as atividades descritas acima é importante que seja traçado um plano robusto para implementação dos aspectos metodológicos.

Tais como uma matriz de transferência de responsabilidades do setor de manutenção para o setor de produção, atendendo o quarto objetivo específico deste trabalho. Tal como descrito na tabela 5.

**Tabela 5 – Atividades do Setor de Manutenção e Produção**

<b>ATIVIDADE</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>	<b>PRODUÇÃO</b>
Ajuste correto dos parâmetros de operação	X	
Limpeza dos Equipamentos	X	
Lubrificação	X	
Reaperto	X	
Checar deterioração e condições de uso	X	
Inspeção periódica	X	X
Análise de tendências		X
Reportar anormalidades	X	
Reparos de emergência		X

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

A fim de que se tornem possíveis as atividades destinadas ao setor de produção, é importante que seja realizada a transferência de conhecimento efetiva entre o setor de manutenção e produção. Neste contexto o setor de manutenção deve preparar o setor produtivo para assumir estas novas responsabilidades.

Para que sejam realizadas as atividades destinadas a operação é importante que se tenham definidos padrões para realização das atividades conforme descrito na tabela 5.

## 5.2 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ACORDO COM MTBF

Ao implementar a gestão de manutenção de maneira integrada e efetiva, torna-se possível a tratativa de diferentes fatores causadores de falha nos equipamentos.

Através da análise do indicador de MTBF é possível visualizar a frequência média entre falhas dos sistemas que compõem o equipamento.

No sistema de bombeamento de condensado foram elencados os itens prioritários, ou seja, os com maior frequência de falha, para análise de manutenção adequada. Os itens prioritários estão descritos conforme o quadro 13.

Para Suzuki (1994) a implementação de um programa de zero falhas é construído em 4 fases. Ou seja, para que a meta de falha zero ocorra em uma planta industrial é preciso que se tenha um plano estruturado conforme mostra o quadro 20.

**Quadro 20 – Fases de Implementação Programa Falha Zero**

Estabilizar os intervalos entre falhas
Estender a vida útil do equipamento
Restaurar a deterioração periodicamente
Prever a vida útil do equipamento

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

Deste modo, as fases de implementação do programa de falha zero em suma resumem-se na compreensão do comportamento do equipamento em toda a sua vida útil, afim de que se possa atingir níveis de confiabilidade e disponibilidade.

O programa de zero falha compreende em suas 4 fases os objetivos como listados no quadro 21 a seguir.

**Quadro 21 – Fases e Objetivos do Programa de Falhas Zero**

Estabilizar os intervalos entre falhas	Conhecer o equipamento
Estender a vida útil do equipamento	Apontar os pontos fracos e propor ações de melhoria
Restaurar a deterioração periodicamente	Acompanhar periodicamente o funcionamento do equipamento
Prever a vida útil do equipamento	Estipular período para manutenção preventiva e utilizar métodos preditivos para estender a vida útil do equipamento

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

Através da análise do quadro 21 é possível concluir que o programa de falha zero podem ser definidas em grau de compreensão dos equipamentos presentes no processo.

É importante destacar que as atividades descritas de uma maneira ampla no quadro 21, envolvem atividades vindas do setor de produção pela implementação da manutenção autônoma e pelo amadurecimento contínuo da manutenção planejada.

### 5.2.1 Ações Propostas

O foco inicial da implementação do programa de zero falha proposto pela metodologia TPM compreende em estabilizar a frequência de falhas em sua primeira fase. Para isso devem se tomar ações de acordo com a tabela 6.

**Tabela 6 – Ações e Responsáveis Pela Implementação do Programa de Zero Falha**

AÇÕES	RESPONSÁVEIS	
	MANUTENÇÃO	PRODUÇÃO
Reestabelecer as condições de base	X	X
Trabalhar dentro das especificações		X
Eliminar deterioração acelerada	X	X
Utilizar padrões diários de inspeção e lubrificação		X

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

O detalhamento das ações expressas na tabela 6 estão expressas no quadro 22.

**Quadro 22 – Detalhamento das Ações para Falha Zero**

Reestabelecer as condições de base	Reestabelecer as condições de uso especificadas pelo projeto do equipamento. Compreende em atender a performance determinada pelo fabricante
Trabalhar dentro das especificações	Consiste em definir parâmetros ideais. Usualmente indicados pelo fabricante. Para trabalhar dentro da faixa ideal de operação
Eliminar deterioração acelerada	Consiste em planejar, executar e controlar as ações ligadas a: limpeza; lubrificação e reaperto
Utilizar padrões diários de inspeção e lubrificação	Consiste em realizar padrões diários para inspeção de funcionamento e lubrificação. Vale salientar pontos como aquecimento, vibração, ruído.

**Fonte: Aatoria Própria (2020)**

Com o desempenho correto das ações propostas pela metodologia, a frequência de falhas deve diminuir. Tornando-se assim possível maior



assertividade no que diz respeito ao período exato de intervenção de manutenção.

Isso faz com que a falha não mais ocorra dentro de um período muito grande com consequências desconhecidas. Ou seja, é possível detectar o tempo de falha com maior precisão.

Desta forma, torna-se possível programar a manutenção de uma maneira efetiva e iniciar o processo de melhoria nos equipamentos afim de estender sua vida útil.

Como foi evidenciado na análise dos dados no desenvolvimento do trabalho, é possível notar que em um sistema nem todos os itens tem a mesma frequência de falha. Por isso é importante ter um indicador preciso, afim de entender o equipamento, intervir no momento certo e estender o período de funcionamento entre intervenções, e o mais importante, sem falhas.

### 5.3 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ACORDO COM MTTR

Através da análise do gráfico 3 é possível identificar quais os sistemas críticos no sistema de bombeamento de condensado.

De acordo com o quadro 14 os itens em sua respectiva ordem devem ser considerados críticos.

Segundo Suzuki (1994) após as medidas estabelecidas no quadro 20 há uma significativa redução no número de quebras. Entretanto neste momento, através da experiência da equipe de manutenção e também da produção que estará auxiliando, é muito provável que manutenções antes do tempo sejam realizadas para evitar a quebra.

Desta forma é preciso ter maior assertividade na detecção das anomalias presentes no funcionamento do equipamento.

Seguindo esta linha, nesta fase da implementação da metodologia, é importante transferir as ações da manutenção baseada no tempo para as ações de manutenção baseadas nas condições.

A partir do gráfico 3 é possível evidenciar quais os itens merecem atenção especial para implementação de técnicas preditivas de manutenção.

### 5.3.1 Ações Propostas

Segundo Suzuki (1994) “acima de tudo, o setor de manutenção deve sempre pensar, planejar e agir em conjunto com o setor de manutenção, no que diz respeito à manutenção dos equipamentos”.

Afim de estender a vida útil do equipamento e preparar toda a estratégia de implementação da metodologia na planta fabril é importante que o setor de manutenção atue de acordo com as ações descritas no quadro 23.

**Quadro 23 – Responsabilidades da Manutenção na Metodologia TPM**

Pesquisar e desenvolver novas tecnologias de manutenção
Preparar manuais com os padrões de manutenção
Implementar um sistema de dados dos equipamentos para manutenção
Desenvolver análises de falhas afim de evitar recorrência de falha
Dar suporte no desenvolvimento de novos equipamentos
Controlar peças de reposição, ferramentas e dados técnicos

**Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)**

Deste modo, o setor de manutenção deve concentrar seus esforços em realizar a manutenção da maneira mais assertiva. Contanto com técnicas de manutenção preditiva e dando suporte ao setor de operação.

O setor de manutenção é a peça chave para a realização da manutenção dos equipamentos. Deve dar suporte à manutenção autônoma e controlar os dados dos equipamentos. Afim de garantir o controle no dia a dia do funcionamento da máquina e analisando desvios através de tendências nos dados de maior importância.

## 6 CONCLUSÃO

Através da realização do presente trabalho foi possível visualizar a importância da atividade de manutenção no contexto industrial.

Como através da evolução da industrialização a manutenção tomou forma e tornou-se uma ciência, utilizando de técnicas sofisticadas e indicadores de desempenho.

A manutenção moderna não somente visa o reestabelecimento de falhas, mas também fornece parâmetros de confiabilidade e disponibilidade que norteiam a estratégia de produção industrial.

Através deste trabalho foi possível identificar quais os itens de um sistema de bombeamento em uma planta de papel e celulose necessitariam de maior atenção. Através de uma análise de indicadores, foi possível propor ações segundo a metodologia TPM, com o objetivo de falha zero.

Também foi possível identificar conceitos como os de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

Foi possível apresentar o indicador de tempo entre falhas, afim de estabilizar a frequência de quebras e propor ações preventivas para estabilização dos desvios.

Através do indicador de tempo de reparo foi possível priorizar as falhas de maior intensidade e propor ações corretivas. Afim de eliminar a falha e propor melhorias no equipamento.

Com o indicador de número de quebras foi possível ligar os objetivos da manutenção ao da metodologia TPM. Visando a eliminação total das falhas. Através deste indicador foi traçada a meta principal da metodologia, zero falhas.

De um modo geral as falhas são umas das grandes geradoras de perdas no processo de produção. Este cenário torna-se ainda mais crítico quando se trata de um sistema de produção contínuo. Onde o tempo do calendário deve ser o tempo de produção quase em sua totalidade.

Essa demanda da indústria moderna traz à tona estudos voltados para a confiabilidade do equipamento que está operando. Desta forma, saber quais as prioridades adequadas devem ser tomadas e quais os passos para a eliminação total de falhas, é uma função estratégica para o aumento da produtividade e redução dos custos de produção.

Com isso é possível a aplicação da metodologia TPM que dá suporte a essa nova demanda da indústria, integrando os setores de manutenção e produção, a fim de atingir a maior performance no funcionamento dos equipamentos.

Contudo espera-se com esse trabalho poder dar suporte à atividade de manutenção, garantindo bons resultados e eliminando as falhas causadoras de perdas no processo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. **Manutenção Mecânica Industrial: Princípios Técnicos e Operações**. São Paulo: Érica, 2015. 152 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

DELGADILLO, S. M. L. T.; LOUREIRO JUNIOR, A.; OLIVEIRA, E. Repensando o Método 5S para Arquivos. **Encontros Bibli**, Florianópolis, v. 1, n. 22, p.71-90, jun. 2006.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 265 p.

FRANCO, R; MORAIS, S. **Reduzir Quebras na Bombas de Condensado**. [s.l]: [n.d], 2019. 116 p.

GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Production**, São Paulo, v. 5, n. 2, p.169-189, dez. 1995.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOULDS PUMPS. **Installation, Operation and Maintenance Instructions**. [s.l]: [n.d], 2019.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2015. 436 p.

LEEMIS, L. M. **Reliability: probabilistic models and statistical methods**. 1. Ed. Nova York: Prentice-Hall, 1995. 384 p.

MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P. L. O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: Uma proposta de sistematização. **Gestão e Produção**, São Paulo, v. 3, n. 5, p.298-311, dez. 1998

MARTORELL, S. et al. The use of maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs on NPP performance and safety. **Reliability Engineering & System Safety**, [s.l.], v. 65, n. 2, p.85-94, ago. 1999.

PROCURANDO-NEMO. Direção de Andrew Stanton. Produção de **Graham Walters**. [s.l.]: Disney e Pixar, 2003. P&B

TAVARES, P. R. S. **Logística Lean**: Aplicando as ferramentas lean na cadeia de suprimentos para gestão e geração de valor. Maringá: Mag, 2017.

RIBEIRO, H. **TPM**: Os 5 Passos Para Uma Implementação de Sucesso. São Caetano do Sul: Pdca, 2016.

SENAI. Gerenciando a Manutenção Produtiva: Série **Automação Industrial**. Brasília: Senai, 2012.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 139 p

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. New York: Productivity Press, 1994. 385 p

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial**: Aplicação Prática. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012. 144 p.

XENOS, H. G. D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p.

## APÊNDICE A

### Questionário de Pesquisa para Tempo de Intervenção de Manutenção

1. Quanto tempo em média é gasto para realizar um reparo no sistema de acoplamento entre o motor e a bomba de extração de condensado?

--

2. Quanto tempo em média é gasto para realizar um reparo no sistema de juntas da tubulação que direciona o fluido para o bombeamento?

--

3. Quanto tempo em média é gasto para realizar um reparo no funcionamento do motor de acionamento elétrico?

--

4. Quanto tempo em média é gasto para realizar um reparo quando a bomba apresenta sinais de vazamento em sua estrutura interior?

--

5. Quanto tempo em média é gasto para realizar um reparo na tubulação externa que fornece e distribui o fluido do sistema de bombeamento?

--