

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT  
ESPECIALIZAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO**

**LUCIO MARCIO PACHOLOK**

**METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ  
EM UMA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2018**

**LUCIO MARCIO PACHOLOK**

**METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ  
EM UMA IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

**CURITIBA**

**2018**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CAUSA RAIZ EM UMA IMPRESSORA FLEXOGRAFICA**

por

**LUCIO MARCIO PACHOLOK**

Esta monografia foi apresentada em 10 de outubro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.  
Professor Orientador - UTFPR

---

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.  
Membro Titular da Banca - UTFPR

---

Prof. Ubirajara Zoccoli, Mestre  
Membro Titular da Banca - UTFPR

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

Dedico este trabalho à meu pai, Mario (*In memoriam*), pela educação, amor, exemplos de vida que me fortalecem e orientam, mesmo após sua partida.

À minha mãe, Safronia pelo amor, carinho, dedicação e exemplo de luta e superação.

À Renata, pelo amor, incentivo, e companhia nos momentos de impassividade e pela paciência comigo.

Às minhas filhas, Maria Clara e Maria Luíza pelo amor e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rodrigues, pela orientação, incentivo, paciência e dedicação a mim concedidos nesta trajetória.

A Deus, pela proteção e inspiração.

Aos meus pais e familiares que me proporcionaram as condições para vencer este desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt).

## RESUMO

PACHOLOK, Lúcio Marcio. **Metodologia para aplicação da análise de causa raiz em uma Impressora Flexográfica**. 2018. 52p. Monografia (Especialização em Gerência de Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Atualmente um sistema de gestão de manutenção eficiente não tem como finalidade apenas corrigir os defeitos ou falhas ocorridas, mas também entender os mecanismos de falhas e criar bloqueio para eliminar as causas raízes das falhas. Este trabalho busca elaborar uma metodologia de análise de falhas para determinação das causas raízes de um problema encontrado em uma impressora flexográfica. A partir dos métodos abordados por dois autores, é desenvolvido um método para aplicação, de acordo com a realidade da equipe de manutenção. São descritos todos os passos dados para a execução do método desenvolvido. Os resultados obtidos com a aplicação do método são positivos, pois eliminam a causa raiz do problema norteador do trabalho, que é o desnivelamento do rolo prensa de uma impressora flexográfica.

**Palavras-chave:** Análise de causa raiz. Impressora Flexográfica. Falha.

## ABSTRACT

PACHOLOK, Lúcio Marcio. **Metodologia para aplicação da análise de causa raiz em uma Impressora Flexográfica**. 2018. 52p. Monografia (Especialização em Gerência de Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Currently an efficient maintenance management system is not only intended to correct defects or failures, but also to understand fault mechanisms and create blocking to eliminate the root causes of failures. This work seeks to elaborate a methodology of fault analysis to determine the root causes of a problem found in a flexographic printer. From the methods approached by two authors, a method for application is developed, according to the reality of the maintenance team. All the steps given for the execution of the developed method are described. The results obtained with the application of the method are positive, since they eliminate the root cause of the guiding problem of the work, which is the unevenness of the press roll of a flexographic printer.

**Palavras-chave:** Root cause analysis. Flexographic Printer. Failure.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Fluxograma de Atividades.....	16
Figura 2.1 – Visão Geral da Impressora Flexográfica .....	18
Figura 2.2 – Desenroladeira .....	19
Figura 2.3 – Mesa Pivotante.....	20
Figura 2.4 – Unidade de Impressão .....	21
Figura 2.5 – Estufa .....	22
Figura 2.6 – Sistema de Corte Longitudinal .....	23
Figura 2.7 – Enroladeira .....	24
Figura 2.8 – Índice de Disponibilidade do Equipamento .....	25
Figura 3.1 – Curva P-F .....	27
Figura 3.2 – A Relação entre o Esforço e a Resistência .....	28
Figura 3.3 – Matriz de Decisão de Aplicação de Análise de Falha.....	29
Figura 3.4 – Fluxograma para Aplicação da Metodologia de Análise de Falhas .....	34
Figura 3.5 – Matriz de Responsabilidade x Atividade.....	36
Figura 3.6 – Formulário de Falha Potencial .....	37
Figura 3.7 – Matriz GUT .....	41
Figura 3.8 – Plano de Ação “5W2H” .....	42
Figura 3.9 – Análise de Falhas Utilizando o “Método dos Por Quês” .....	43
Figura 4.1 – Fluxograma das Etapas do Método Adotado .....	45
Figura 4.2 – Diagrama de Causa x Efeito .....	46
Figura 4.3 – Sistema de Elevação do Rolo Prensa .....	47
Quadro 3.1 – Quadro Comparativo entre Métodos de Análises de Falhas .....	44
Quadro 4.1 – Método dos “ Por Quês?” .....	48
Quadro 4.2 – Ações de Bloqueio .....	50
Quadro 4.3 – Plano de Ação “5W1H” .....	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA .....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivo Específico.....	15
1.3	JUSTIFICATIVA .....	15
1.4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	IMPRESSÃO FLEXOGRÁFICA.....	19
2.2	ITENS QUE COMPÕE A IMPRESSORA .....	19
2.2.1	Desenroladeira .....	19
2.2.2	Alinhador .....	20
2.2.3	Unidades de impressão.....	20
2.2.4	Estufa .....	22
2.2.5	Sistema de corte longitudinal .....	22
2.2.6	Enroladeira .....	23
2.3	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTO .....	24
2.4	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO .....	25
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>26</b>
3.1	FALHA.....	26
3.2	FALHA POTENCIAL.....	26
3.3	FALHA FUNCIONAL .....	26
3.4	PORQUE OCORREM AS FALHAS.....	27
3.5	MATRIZ DE DECISÃO .....	29
3.5.1	Criticidade. ....	30
3.5.2	Impacto.....	30
3.5.3	Reincidência.....	31
3.5.4	Período decorrente de falha anterior .....	32
3.6	ANÁLISE DE FALHA.....	32
3.7	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA .....	33
3.7.1	Metodologia completa. ....	33
3.7.1.1	Metodologia “GUT” .....	40
3.7.2	Metodologia simplificada. ....	43
3.8	COMPARAÇÕES ENTRE MÉTODOS DE ANÁLISE DE FALHAS .....	44
3.9	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO .....	45
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>45</b>
4.1	PROBLEMA .....	46
4.2	ANÁLISE DOS SINTOMAS.....	46
4.3	DESCRIÇÃO DOS SINTOMAS.....	47

4.4	DETERMINAÇÃO DAS CAUSA.....	48
4.5	DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DE BLOQUEIO .....	50
4.6	ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	51
4.7	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente toda indústria busca a redução de custos, seja na economia de insumos, na redução de mão de obra, redução de refugo ou no aumento de produtividade e disponibilidade. O trabalho propõe aplicar técnicas de manutenção que atuam diretamente na disponibilidade e eficiência do equipamento e indiretamente na diminuição do refugo.

As técnicas de manutenção vêm evoluindo no decorrer dos anos, onde não preocupasse apenas com a resolução imediata das falhas ou defeitos, mais em descobrir a real causa a fim de reduzir, evitar e prevenir essas possíveis falhas ou defeitos.

A análise de causa raiz é uma dessas técnicas tendo um caráter investigativo, buscando analisar e identificar as causas detalhadas dos problemas. Esta técnica traz melhorias significativas nos processos, pois pode atuar em problemas simples e de maiores proporções (RODRIGUES, 2010).

Este trabalho busca aplicar esta técnica diretamente em um equipamento crítico de uma determinada empresa, trazendo melhorias ao setor de gestão de manutenção, deixando lições da atitude de descobrir e remover causas, reduzindo e prevenindo problemas recorrentes.

### 1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Um sistema gestão de manutenção eficiente não tem como finalidade apenas corrigir os defeitos ou falhas ocorridas, portanto temos a necessidade de controlar os custos envolvidos, entender os mecanismos de falhas e criar bloqueio para eliminar as causas raízes das falhas, como também gerir os equipamentos e suas respectivas manutenções com utilizações de técnicas eficientes de manutenção.

A questão norteadora deste trabalho é: Como proceder para avaliar de maneira sistemática as causas raízes das falhas no equipamento de impressão flexográfica?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma metodologia para análise das causas raízes de falhas de uma impressora flexográfica.

### 1.2.2 Objetivo Específico

- Estudar os modelos e ferramentas para análise de causa raiz de falha;
- Estruturar uma metodologia para determinar a causa do desnivelamento do rolo prensa de uma impressora flexográfica;
- Aplicar os passos da metodologia estruturada;
- Avaliar os resultados obtidos;
- Descrever as dificuldades encontradas durante a execução das análises.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

As paradas de máquina devido a quebras sempre trazem prejuízos ao processo produtivo. A recuperação do sistema é vital para a retomada de produção, e esta precisa ser no menor tempo possível sem descuidar da segurança pessoal, patrimonial e ambiental.

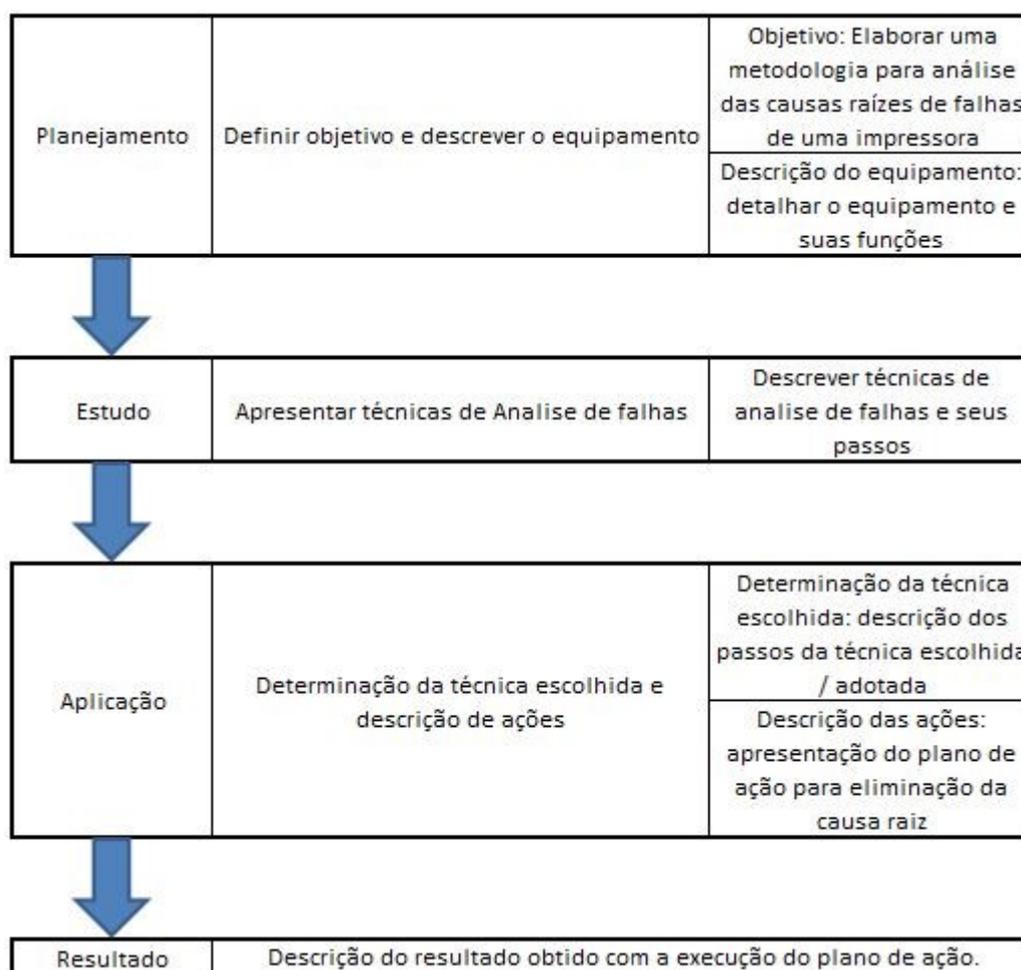
Este estudo busca elaborar uma sistemática para que se encontre e elimine as causas raízes das falhas. Atuando desta maneira procura-se aumentar a eficiência do equipamento, e conseqüentemente a sua disponibilidade e qualidade do produto processado. Pois a falha neste equipamento produz, de uma forma geral, retrabalho ou mesmo a perda de material.

Também se espera um ganho no desempenho e agilidade da equipe de manutenção na resolução definitiva das falhas repetitivas. Para isso o uso da metodologia de análise pela equipe de gestão de manutenção, deve-se tornar rotineira, trazendo uma evolução ao setor.

## 1.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Definido o problema específico descrito no trabalho, à técnica estudada no referencial teórico será aplicada. Apresentando-se detalhadamente os resultados das investigações e ações corretivas a serem tomadas para eliminação da falha. Este processo terá uma sequencia lógica, onde primeiramente será feita a análise, apresentação dos resultados, tomadas de ações corretivas e validação dos resultados.

Figura 1.1 - Fluxograma de Atividades



Fonte: O Autor (2018).

Todos os processos de análise e execuções de ações corretivas serão realizados em campo ou no setor administrativo da manutenção.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 introduz o assunto de forma geral, definindo o problema, os objetivos propostos e a justificativa da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a descrição detalhada do equipamento e o ambiente em que está instalado, descrevendo a finalidade de cada parte do equipamento e sua importância ao processo.

No capítulo 3 é apresentado o referencial teórico do trabalho, definindo a análise de causa raiz, suas diferentes técnicas e modelos de análise de falhas, bem como seus benefícios e atributos.

O capítulo 4 apresenta a aplicação do método abordado no referencial teórico mostrando o procedimento adotado, a análise dos dados e a aplicação dos resultados obtidos.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões resultantes da aplicação da técnica da análise de causa raiz, as dificuldades encontradas e os benefícios para o processo.

## 2 IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma descrição simplificada da função básica do equipamento e detalhado partes que compõe o conjunto denominado impressora flexográfica.

Este equipamento destinasse a imprimir bobinas de papel Kraft, utilizando a flexografia como método de impressão, possibilitando a formação de até quatro bobinas impressas de larguras menores conjugando a largura da bobina de entrada. Encontrasse instalado em um ambiente levemente agressivo em conjunto com outros equipamentos onde o produto pode ser beneficiado antes ou após a impressão.

Figura 2.1 – Visão Geral da Impressora Flexográfica



Fonte: O Autor (2018).

Na figura 2.1 é possível observar que não se trata de um equipamento tecnologicamente avançado, mais sim de um equipamento simples apesar de sua robustez.

## 2.1 IMPRESSÃO FLEXOGRÁFICA

É um sistema de impressão direta e tem como característica a utilização de uma forma flexível em alto relevo, utilizando tinta líquida a base de água ou solvente.

Para entender o princípio da forma flexográfica pode-se pensar em um carimbo, onde serão entintadas somente as áreas que estão em relevo. Esta forma será fixada no cilindro porta-cliche na impressora, será aplicada a tinta na superfície da imagem em alto relevo e transferida ao papel.

## 2.2 ITENS QUE COMPÕE A IMPRESSORA

### 2.2.1 Desenroladeira

A desenroladeira é responsável por desenrolar a bobina de papel, é formada por um sistema que suspende a bobina, sendo acionada por dois conjuntos independentes cada um sendo composto por dois acionamentos eletromecânicos também independentes.

Possui um sistema de frenagem manual simples, onde através de um regulador de pressão é possível controlar a intensidade do freio. Este sistema é composto por lonas de freio que pressionam tambores refrigerados, um em cada lado da desenroladeira.

Figura 2.2 - Desenroladeira



Fonte: O Autor (2018).

Esta é a parte do equipamento onde o esforço mecânico é mais exigido, tendo uma capacidade de elevação de 3 (três) toneladas.

### 2.2.2 Alinhador

O alinhador precede as unidades de impressão, é o acessório que garante o alinhamento do papel ao passar pelas unidades de impressão independente de qualquer falha de enrolamento que está bobina possua. Ele é composto por uma mesa pivotante instalada verticalmente e acionada por um atuador eletromecânico, um sensor de borda ultrassônico e uma unidade de controle dedicada, seu funcionamento é independente da máquina.

Figura 2.3 – Mesa Pivotante



Fonte: O autor (2018).

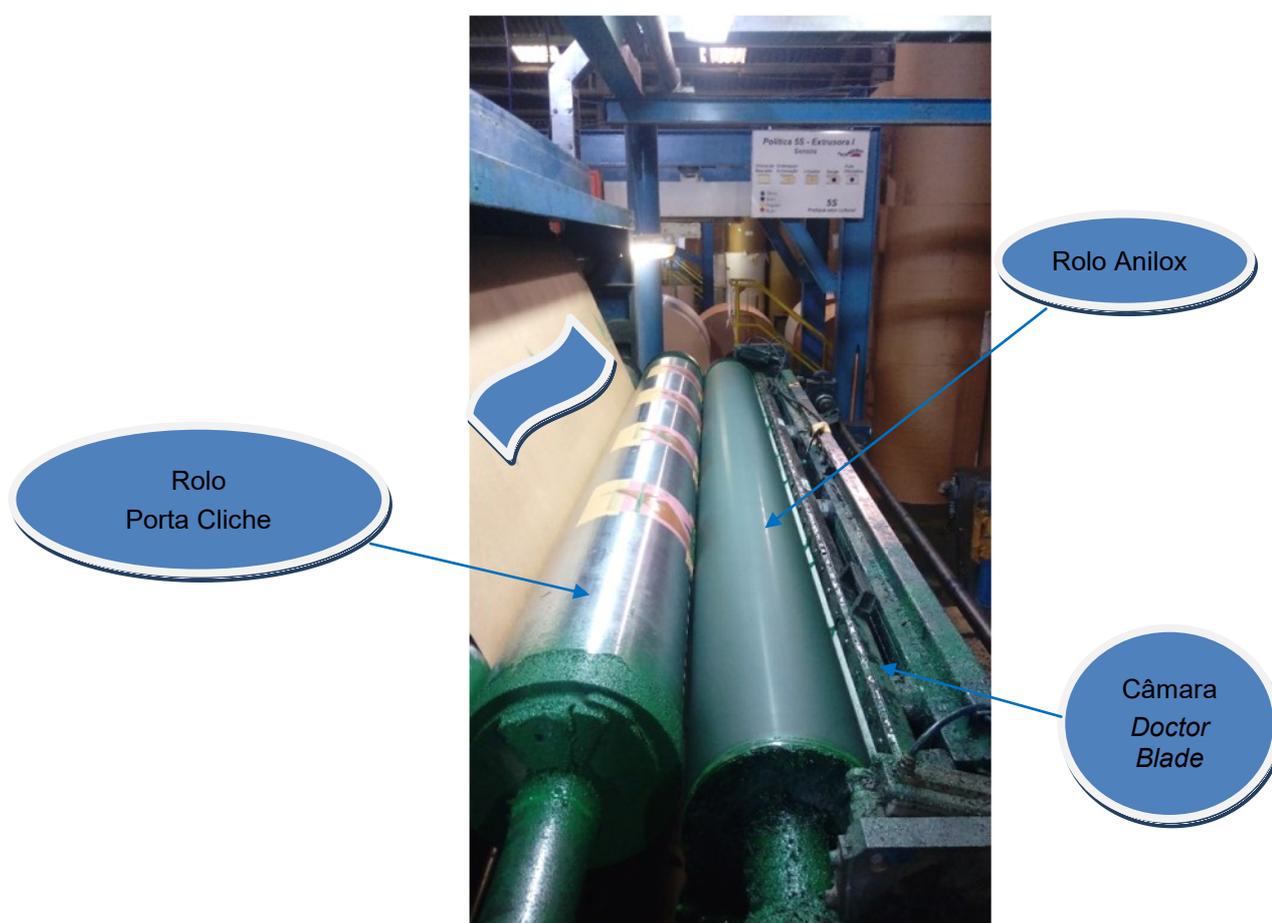
O seu princípio básico de funcionamento é girar levemente a mesa para direcional o papel mantendo sua borda alinhada com o auxílio do sensor de borda.

### 2.2.3 Unidades de impressão

As unidades de impressão são formadas por três rolos chamados: anilox, porta clichê e contra pressão, a tinta é aplicada no rolo anilox através de um

dispositivo chamado “*Doctor Blade*”, o qual é composto por uma câmara, vedações e duas laminas para raspagem do residual de tinta, através de um sistema de bombeamento e filtragem, após está aplicação o rolo anilox transfere a tinta para clichê que está colado sobre o rolo porta clichê, este transfere ao papel. A finalidade do rolo de contra pressão é sustentar o papel para que quando ele for pressionado pelo clichê tenha uma pressão constante garantindo o dimensional das ilustrações impressas.

Figura 2.4 – Unidade de Impressão



Fonte: O Autor (2018).

Existem instaladas no equipamento 03 (três) unidades de impressão, possibilitando a instalação de mais uma.

### 2.2.4 Estufa

Após a impressão o papel passa pela estufa, ela tem a finalidade de secar a impressão é composta por rolos de passagem e três zonas de aquecimentos, todas independentes umas das outras e da máquina, o que pode ser um problema em paradas rápidas.

As zonas são compostas de resistências tubulares aletadas controladas por controladores específicos através de sensores de temperatura (termopares tipo “J”).

Figura 2.5 - Estufa



Fonte: O Autor (2018).

Existem exceções, quando a imagem impressa utiliza pouca tinta para sua formação não há necessidade de utilizar o aquecimento, ela seca somente percorrendo o circuito das unidades de impressão até a enroladeira.

### 2.2.5 Sistema de corte longitudinal

A finalidade do corte longitudinal é refilar bobinas e se necessário dividi-las em até 04 unidades, este sistema é composto de cinco suportes com facas circulares e doze contra-facas circulares de canal.

Figura 2.6 – Sistema de Corte Longitudinal



Fonte: O Autor (2018).

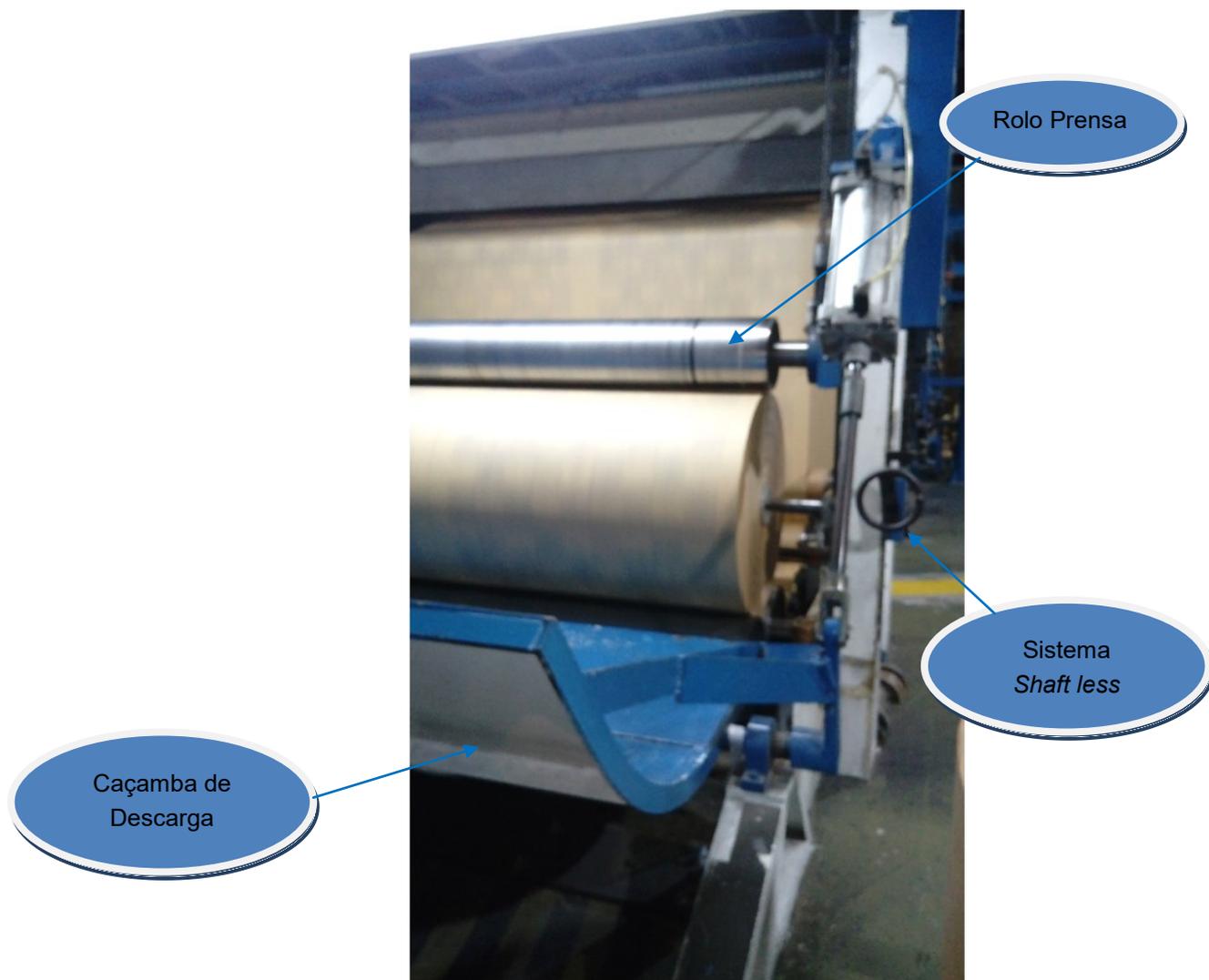
Em conjunto com este sistema tem-se um rolo curvo que auxilia quando a bobina é dividida.

### 2.2.6 Enroladeira

Na enroladeira temos o produto acabado, ou seja, uma ou mais bobinas prontas. Esta parte da máquina é composta por dois cilindros que puxam o papel para formar a(s) bobina(s) no(s) tubetes(s), entre eles existe uma diferença de velocidade tangencial de 2% para que durante o enrolamento a bobina fique firme, também existe o sistema “*shaft less*” que guiam o(s) tubete(s) e auxilia no alinhamento da bobina durante sua formação, o rolo prensa que garante o aperto do papel contra o tubetes do início ao fim do enrolamento.

Após a bobina ser finalizada é utilizado para sua extração da máquina o expulsador e caçamba de descarga.

Figura 2.7 - Enroladeira



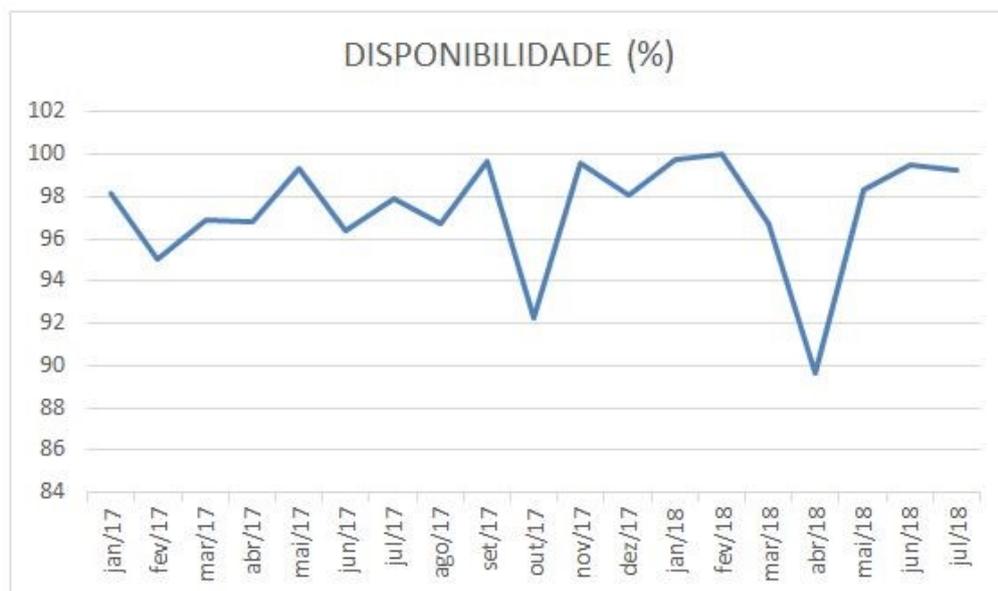
Fonte: O Autor (2018).

Na figura 2.7 é mostrada uma bobina em formação, ocupando basicamente toda a extensão da máquina, está situação seria a ideal, pois há um aproveitamento completo da máquina.

### 2.3 INDICE DE DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTO

Segue os índices de disponibilidade do equipamento dos últimos 18 (dezoito) meses.

Figura 2.8 – Índice de Disponibilidade do Equipamento



Fonte: O Autor (2018).

Na figura 2.8 pode-se observar que o valor médio da disponibilidade é alto, apesar dos valores indicados em setembro de 2017 e abril de 2018.

## 2.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o processo e a máquina que será estudada, também se apresentou o indicador de disponibilidade do equipamento, onde é possível visualizar a busca pelo auto índice de desempenho.

Este capítulo tem grande importância para o restante do trabalho, descrevendo detalhadamente as partes que compõe o equipamento e facilitando a análise que será realizada.

No capítulo 3 serão apresentados conceitos de falha e métodos de análise de falhas, que serão aplicados em determinada parte do equipamento descrita neste capítulo.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado um referencial teórico abordando falhas e métodos de análise para eliminação de causas fundamentais.

#### 3.1 FALHA

Definir corretamente a falha nos ajuda entender a dinâmica das análises que serão desenvolvidas. Segundo a NBR 5462-1994 (pg. 03),

...a falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade.

Ainda, segundo Xenos (1998), a definição de falha assume que a função exigida do equipamento seja precisamente conhecida. Sem esta etapa bem esclarecida toda a análise fica comprometida.

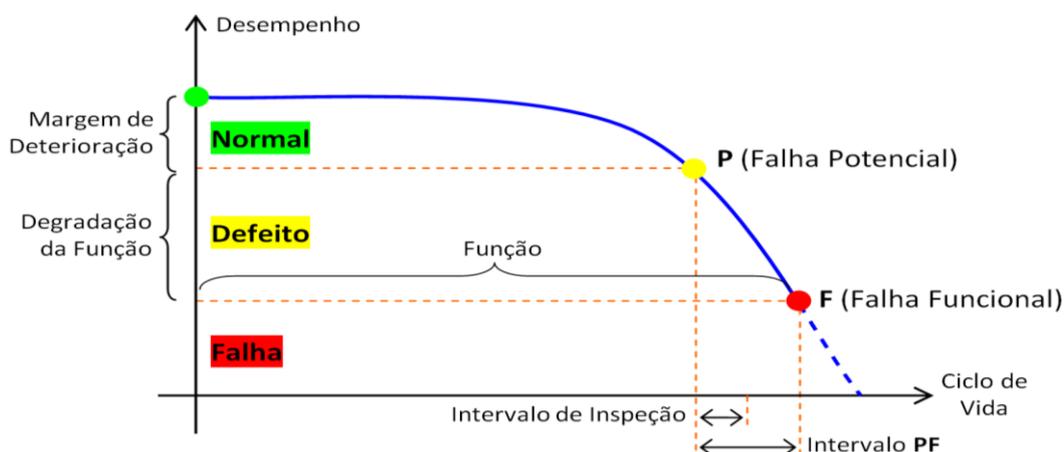
#### 3.2 FALHA POTENCIAL

Para este conceito é considerado que nem todas as falhas ocorrem repentinamente, mais se desenvolvem com o decorrer do tempo e podem ser normalmente identificadas pelo mantenedor por meio de inspeções e técnicas preditivas.

#### 3.3 FALHA FUNCIONAL

É definida pela incapacidade do equipamento de atender um desempenho específico.

Figura 3.1 – Curva P-F



Fonte: Rigoni (2018).

Para um melhor entendimento pode ser tomado como exemplo o motor elétrico, que durante seu funcionamento normal pode passar a apresentar vibração excessiva caracterizada pela falha potencial, que pode ser detectada pela manutenção preditiva. Esta falha pode ser corrigida agindo-se preventivamente. Caso essa ação não seja tomada a falha potencial irá evoluir para a falha funcional, que neste caso poderia ser a quebra do rolamento, fazendo com que o motor deixe de executar sua função. Podemos observar esta evolução na figura 3.1.

### 3.4 PORQUE OCORREM AS FALHAS

Segundo Xenos (1998), as falhas podem ocorrer por várias causas, simplificando, existem três grandes categorias de causas possíveis: falta de resistência, uso inadequado ou manutenção inadequada.

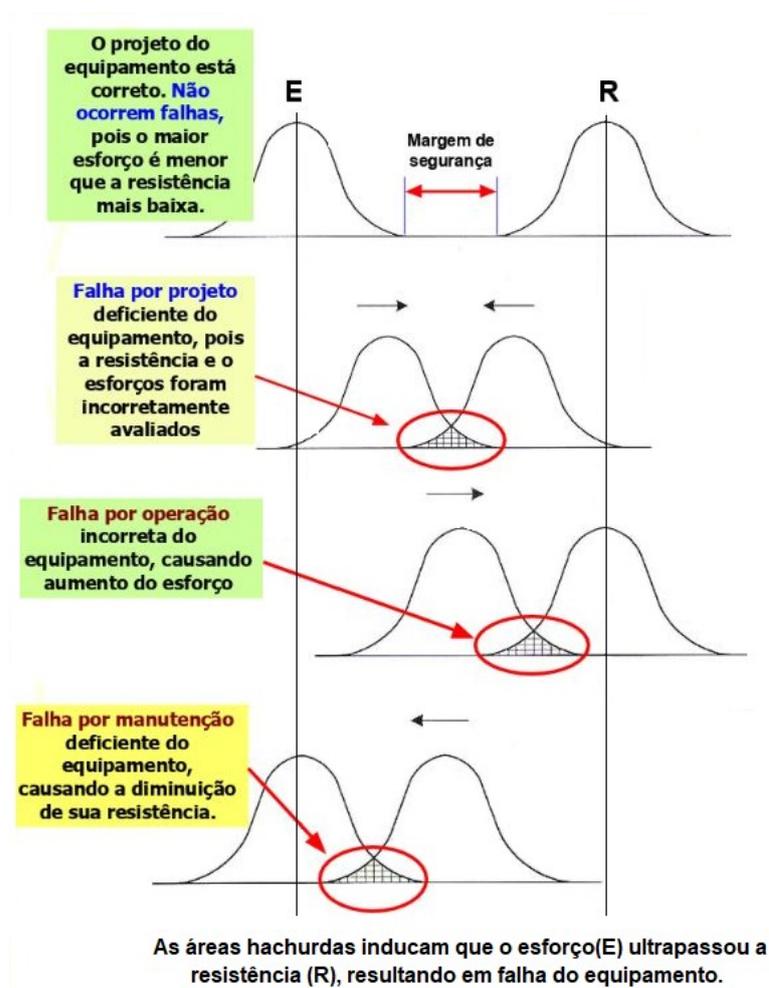
A falta de resistência é uma característica do próprio equipamento resultante de deficiências de projeto, erro de especificações de materiais, erros nos processos de fabricação e montagem.

Uso inadequado pode resultar erros durante a operação devido à aplicação de esforços que estão além da capacidade do equipamento.

Manutenção inadequada, as técnicas preventivas adotadas não estão sendo suficientes para evitar a deterioração do equipamento ou estão sendo executadas de forma errada.

Todos os equipamentos que entram em operação estão sujeitos a esforços que provocam sua deterioração, com o passar do tempo essa deterioração diminui a resistência do equipamento. Sempre que a resistência cair abaixo dos esforços a que o equipamento estiver submetido ocorrerá uma falha.

Figura 3.2 – A Relação entre o Esforço e a Resistência



Fonte: Adaptado de Xenos (1998).

Na figura 3.2 onde o esforço (E) e a resistência (R) são variáveis e estão representados por sua distribuição estatística em torno de um valor médio. Se não houver sobreposição das distribuições não haverá falha, pois a resistência sempre será maior que o esforço. Entretanto se houver a diminuição da resistência devido à deterioração, erro de projeto avaliando de forma errada o esforço e a resistência do equipamento e aplicação de esforços superiores ao projetado devido à operação incorreta, resultará na falha.

### 3.5 MATRIZ DE DECISÃO

Segundo Braidotti, a matriz de decisão determina a possibilidade de serem tomados 3 (três) caminhos pela área técnica da manutenção, que são Estudo de Engenharia / Análise de alhas, Análise de Falhas e Processo Corretivo, como o intuito de garantir que os recursos disponíveis sejam gastos da melhor maneira possível, a matriz se baseia em 4 (quatro) critérios de verificação combinados.

Em virtude dos recursos serem limitados e a impossibilidades de realizar todos os estudos vinculados a todos os eventos, a matriz orienta os estudos de falha e prioriza as análises.

Figura 3.3 – Matriz de Decisão de Aplicação de Análise de Falhas

Matriz para Aplicação de Análise de Falhas			
<b>Critérios</b>			
Criticidade	Pts	Período decorrente da falha anterior	Pts
A	50	1 semana	100
B	40	2 semanas	80
C	25	3 semanas	70
D	10	1 mês	60
		2 meses	50
		3 meses	35
		4 meses	20
		5 meses	10
		6 meses	0
		>6 meses	0
Impacto	Pts		
Meio Ambiente	50		
Segurança	50		
Disponibilidade	25		
Qualidade	25		
Nenhum	0		
Reincidência (em 6 meses)	Pts		
>2	30		
2	20		
1	10		
0	0		
		<b>Avaliação</b>	
		Criticidade	A
		Impacto	Segurança
		Reincidência	1
		Falha Anterior	1 mês
		<b>TOTAL 170 pts</b>	
		≥ 200 pts	Estudo de Engenharia / Análise de Falha
		≥ 100 pts	Análise de Falha
		<100 pts	Processo Corretivo

Fonte: Braidotti (2013).

A figura 3.3 mostra a matriz de decisão, que tem a finalidade de orientar e indicar o caminho a ser seguido baseando se em alguns critérios que serão descritos a seguir.

### 3.5.1 Criticidade.

Este critério considera a diferença de importância do ativo na empresa, utilizando os seguintes padrões: "A" (mais crítico), "B", "C" e "D" (menos crítico), estes critérios possuem a seguinte valorização:

- Ativo crítico "A": 50 pontos;
- Ativo crítico "B": 40 pontos.
- Ativo crítico "C": 25 pontos.
- Ativo crítico "D": 10 pontos.

Toda empresa tem seus critérios para determinar a criticidade de seus ativos.

### 3.5.2 Impacto

A falha funcional pode causar efeitos e condições adversas às condições normais de operação, normalmente gerando um impacto direto em algumas das situações apresentadas abaixo:

- Meio Ambiente: quando a falha funcional interfere diretamente no ambiente onde o ativo está instalado, a falha pode causar uma contaminação ambiental de qualquer natureza.
  - Vazamentos contaminando o solo.
  - Particulado na atmosfera contaminando o ar.
  - Ruído excessivo contaminando o ambiente.
- Segurança: quando a falha funcional interfere diretamente nos pontos de segurança operacional e do processo do ativo, quando a falha é a causa de incidente ou acidente pessoal ou do processo de produção.
- Exemplo destes tipos de incidentes e/ou acidentes:
  - Lesão de um colaborador, com ou sem afastamento.
  - Incêndio ou princípio de incêndio.
  - Quebra de um dispositivo de segurança.
  - Vazamento de um produto combustível.
- Disponibilidade: quando houver a ocorrência de uma falha funcional, o fator disponibilidade será prejudicado e impactado por esta condição.

- Qualidade: os ativos interferem diretamente na qualidade dos produtos, que são gerados através dos processos produtivos, onde os ativos estão envolvidos.

Segue a valorização dos parâmetros relativos ao critério do impacto.

- Segurança: 50 pontos.
- Meio ambiente: 50 pontos.
- Disponibilidade: 25 pontos.
- Qualidade: 25 pontos.
- Nenhum impacto: 0 pontos.

Os parâmetros com maior valorização são os que têm influência direta sobre a operação do ativo.

### 3.5.3 Reincidência

Existe a possibilidade da falha se repetir caso ela não tenha sido tratada adequadamente, este critério classifica a quantidade de falhas funcionais similares ocorridas na mesma condição, considerando em período de 6 (seis) meses. Desta maneira este critério é valorizado da seguinte forma:

- > 2 falhas funcionais: 30 pontos.
- 2 falhas funcionais: 20 pontos.
- 1 falha funcional 10 pontos.
- Nenhuma falha funcional: 0 pontos

Este período é suficiente para identificarmos eventos de falhas similares e utilizarmos este histórico como base de alimentação da metodologia desta matriz.

### 3.5.4 Período decorrente de falha anterior

Como informado no item anterior é possível que já exista um histórico de ocorrências de uma falha similar, este critério trata a análise e definição do tempo entre as falhas em função da data da ultima evidencia. Valorizamos este critério da seguinte forma:

- 1 semana: 100 pontos.
- 2 semanas: 80 pontos.
- 3 semanas: 70 pontos.
- 1 mês: 60 pontos.
- 2 meses: 50 pontos.
- 3 meses: 35 pontos.
- 4 meses: 20 pontos.
- 5 meses: 10 pontos.
- 6 meses: 0 pontos.

O resultado desta metodologia é a combinação direta dos 4 (quatro) critérios apresentados acima.

## 3.6 ANÁLISE DE FALHA

Trata-se de uma sequência metodológica, que busca a causa raiz de uma falha, deve ser desenvolvida, criada e elaborada pela engenharia, mais seus conceitos, padrões e aplicação devem ser disseminados pelos técnicos de campos e operadores de máquina, que devem participar de todas as reuniões que buscam a determinação da causa raiz, pois estão trabalhando próximos ao ativo e detêm o conhecimento e facilidade na identificação dos possíveis problemas e dificuldades quando ocorre uma falha funcional e tende a evoluir para uma falha potencial. Porém, se as informações coletadas e os registros obtidos não conduzirem a obtenção das causas raízes de cada problema estudado, o resultado não ira garantir a aplicação de ações corretas, ocorrendo à repetição dos eventos (BRAIDOTTI, 2013).

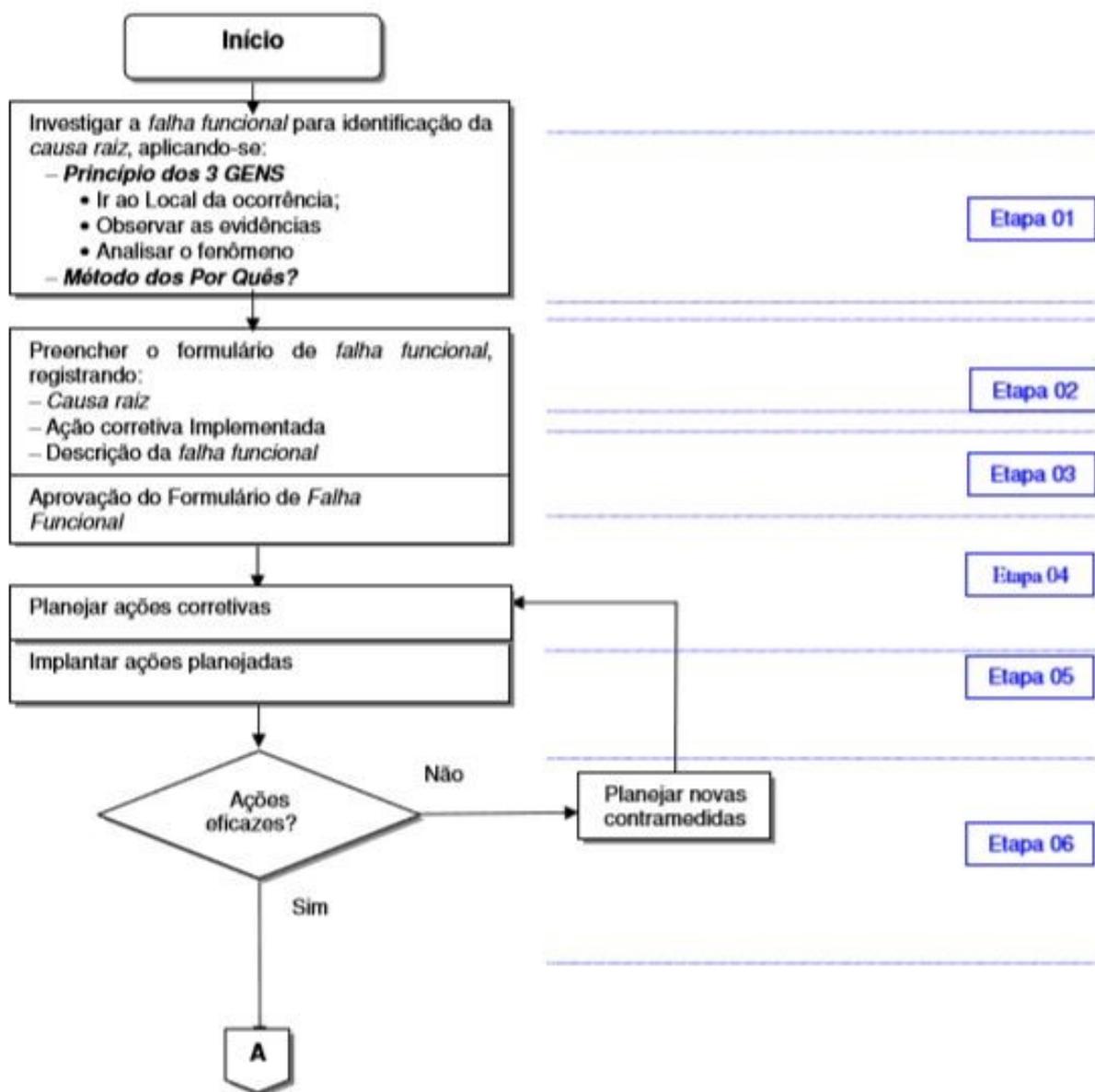
### 3.7 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA

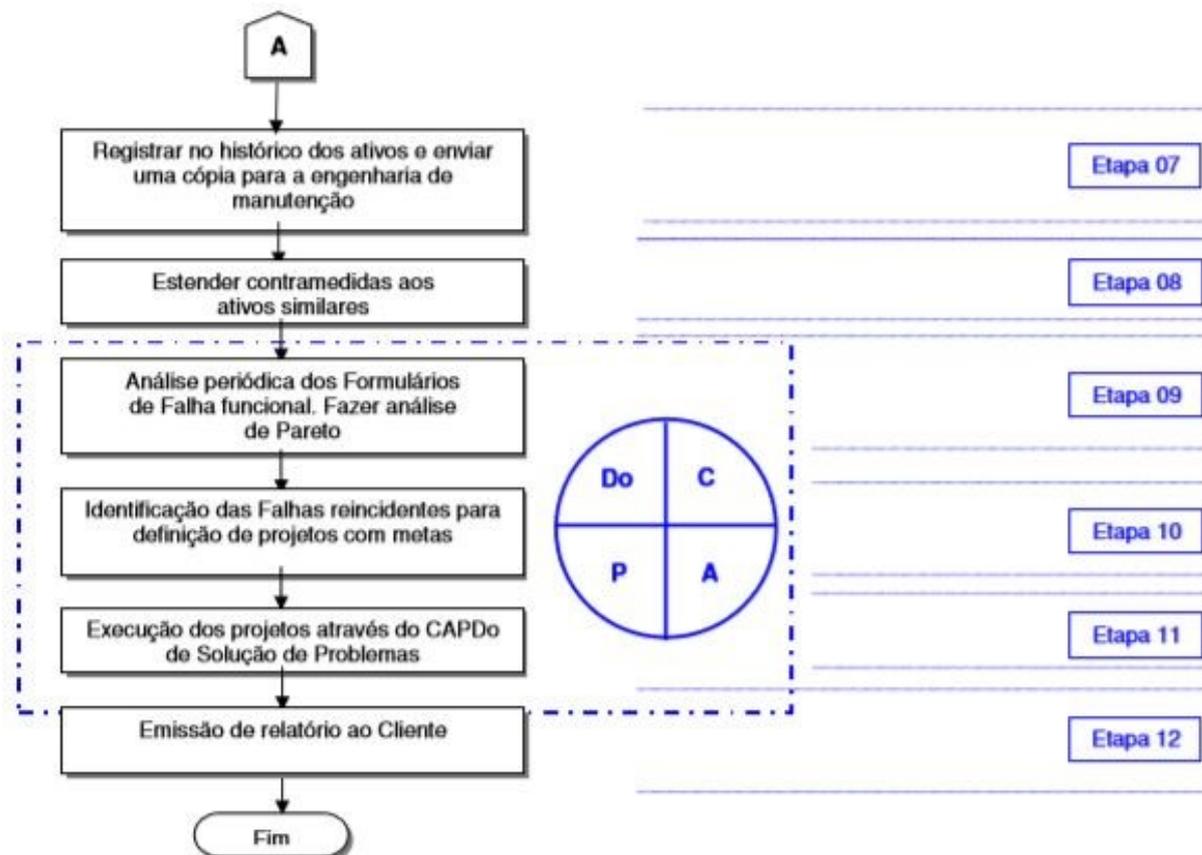
Segundo Braidotti (2013), pode se realizar a análise de falhas de duas maneiras distintas uma mais completa, à qual apresenta uma sequência simples e estruturada, através de documentos fáceis de preencher e garantindo a qualidade do estudo e das informações e outra mais simples, porém com resultados consistentes, desde que seja conduzida cuidadosamente com ações eficazes.

#### 3.7.1 Metodologia completa.

Esta metodologia tem como objetivo identificar a causa raiz das falhas funcionais nos ativos. Primeiramente inicia-se com a identificação e definição dos responsáveis que estarão participando desta análise. Baseado no “Fluxograma para a Aplicação de Análise de Falhas”, conforme a figura 3.4, elabora-se a “Matriz de Responsabilidade x atividade”, conforme a figura 3.5, podendo assim todos os envolvidos entender sua contribuição durante o período necessário para completar a análise.

Figura 3.4 – Fluxograma para Aplicação da Metodologia de Análise de Falhas





Fonte: Braidotti (2013).

Na figura 3.4 é ilustrado o fluxograma para aplicação da metodologia e indicada cada etapa a ser seguida. Na figura 3.5 a partir de cada etapa são apontados os responsáveis e indicadas e descritas todas as atividades a serem executadas.

Figura 3.5 - Matriz de Responsabilidade x Atividade

1. Etapa	1.1. Responsáveis						2. Atividade	3. Descritivo
	S M	E X	G M	P M	C M	E M		
01	R	R	E		I	R	Analisar a falha funcional para identificação da Causa Raiz	Investigar a causa raiz da falha funcional. Aplicar nesta investigação o princípio dos 3 Gens e o Método dos Por Quês?
02	R	E	E	E	I	R	Preencher o Formulário de Análise de Falha Funcional	Consolidar as informações obtidas na etapa anterior no Formulário de Análise de Falhas Funcionais, conforme o anexo 02. O SM e a EM revisam o relatório. Remessa do relatório ao GM.
03	E		R		I	E	Aprovação do Formulário de Análise de Falha Funcional	O GM recebe e revisa o relatório. A GG recebe do GM o relatório, somente nos casos de falhas graves que afetam fortemente o processo. Consensado o relatório pelo GM e/ou GG. Retorno ao SM.
04	R	E	E	E	I	R	Planejar contramedidas para bloqueio da causa raiz (elaborar 5W1H)	Determinação das contramedidas necessárias, através de consenso entre a SM e o GM, em conjunto com a EM. Nos casos de falhas graves que afetam fortemente a produção, encaminhar para a GG, via GM, o escopo das ações (contramedidas) consensadas. A GG emite comentários. O GM, a EM e a SM recebem os comentários e os implementam. Consensadas as contramedidas, iniciar etapa de implementação.
05	R	R	I	E	I	R	Implementar / acompanhar contramedidas para bloqueio da causa raiz	Executar as ações reativas e pró-ativas (contramedidas), conforme etapa anterior, pela SM.
06	R	E	R	R	I	R	Avaliação da eficácia das ações (contramedidas) implementadas	Reunião de avaliação - entre o GM, SM e EM, com envolvimento do EX e dos Operadores (OP) - das contramedidas implementadas. Acordar medidas. Caso contrário refazer as etapas 04, 05 e 06.
07	E		E	R	I	E	Registro no histórico dos equipamentos	Remessa pelo GM ao PM da documentação produzida. Atualizar banco de dados do equipamento.

1. Etapa	1.1. Responsáveis						2. Atividade	3. Descritivo
	S P	E X	C C	P M	C L	E M		
08	R	E	R	E	I	R	Estender contramedidas a equipamentos similares	Análise pelo GM, SM e EM da viabilidade de extensão das contramedidas aos equipamentos similares. Desenvolver cronograma físico-financeiro das medidas a serem adotadas. Enviar para a GG. A GG emite parecer. O GM recebe e responsabiliza a SM pela execução.
09	E		E	R	I	R	Análise periódica dos Formulários de Falha Funcional. Fazer análise de Pareto	Revisar os formulários de falhas funcionais, através de reuniões mensais entre o GM, SM, EM e o PM, objetivando reavaliar as causas raiz e acompanhamento/revisão das contramedidas implementadas e as em andamento. Verificar necessidade de contramedidas adicionais. Desenvolver análise de Pareto dos últimos 365 dias para os equipamentos com criticidade "A", pelo GM, SM e EM. O PM consolida dados em relatório gerencial. Encaminhar para a GG.
10	R	E	R	R	I	R	Identificação das Falhas recorrentes para definição de projetos com metas	A GG revisa e comenta os resultados da análise de Pareto. A GG convoca uma reunião para a avaliação da análise dos formulários de falha, e discussão dos projetos e das metas necessárias.
11	E	E	R	R	I	R	Execução dos projetos através do CAPDO de solução de problemas	
12	E		R	R	I	I	Emissão de relatório ao cliente	Consolidar as ações, implementadas ou não - análise de falhas, definição de contramedidas adotadas, extensão das contramedidas, identificação de falhas recorrentes e projetos com metas - pelo PM, sob a supervisão do GM. Remessa do relatório gerencial ao CM.

Onde:

PM: Planejamento da Manutenção

EX: Executante da Manutenção

GM: Gerência da Manutenção

SM: Supervisão da Manutenção

CM: Cliente da Manutenção

EM: Engenharia da Manutenção

GG: Gerencia Geral

R: Responsável

E: Envolvido

I: Informado

Fonte: Adaptado de Braidotti (2013).

Para a coleta das informações de campo é importante aplicar o método dos "3 Gens", ou seja:

- “**Gemba**”, ir ao local do evento.
- “**Genbutso**”, observar todas as evidencias e os ativos afetados.
- “**Gensho**”, entender o fenômeno.

Após as coletas, inicia-se o preenchimento do “formulário de falha funcional”, conforme a figura 3.6.

Figura 3.6 - Formulário de Falha Funcional

ANÁLISE DE FALHAS				Reinoldêncola ( ) Sim ( ) Não	N°
Área	Processo	Equipamento	Conjunto		
Data último evento	Data de início	Data de encerramento	Início parada	Fim parada	Reparado por
Descrição do Problema ( Sintomas )					
Análise dos Sintomas (Critério 8M)					
MATERIAL		MÁQUINA		MEIO AMBIENTE	
PROBLEMA					
N°	Sintomas Evidenciados				
1					
2					
3					
4					
5					



- Informar (caso exista) a data do último evento similar ao ocorrido, a data de início das atividades de reparo, e a data de encerramento das atividades de reparo.
- Por último, se deve informar o horário de início da atividade e reparo, o horário de término dos serviços e o colaborador responsável pelas atividades de reparo do ativo.
- Devem-se obter as informações gerais sobre o evento analisado, através da participação de cada colaborador documentos e fotos registradas durante a prática do “**Genbutso**”.
- Deve se utilizar a metodologia do “**Brainstorming**”, que consiste no desenvolvimento de ideias, opiniões e sugestões sobre o ocorrido, utilização do histórico do ativo e de registros e relatórios em geral, como apoio direto ao estudo.
- Com todas as informações coletadas, deve se estruturar estas informações no “diagrama de causa x efeito” (também conhecido como diagrama dos 6M's), na qual é informado o problema que está sendo analisado, que contem grupos de:
  1. “Material”:
  2. “Maquina”:
  3. “Meio Ambiente”:
  4. “Mão de obra”:
  5. “Método”:
  6. “Medida”:
- Com o diagrama de causa x efeito preenchido, deve se utilizar a metodologia GUT, para priorização e para que se possam identificar os cinco principais sintomas, contribuindo para a continuidade deste procedimento de análise de falhas.

Este passo é fundamental para seja atuado primeiramente sobre os sintomas mais importantes.

### 3.7.1.1 Metodologia “GUT”

É uma ferramenta utilizada para definir prioridades, ou seja, quais ações deverão ser tomadas primeiramente, sabendo que o tempo é um recurso escasso e que normalmente é necessário executar várias atividades.

Nesta etapa da análise os problemas deverão ser priorizados, através da matriz GUT, onde serão avaliadas a Gravidade, a Urgência e a Tendência, de cada problema identificado.

- Gravidade: avaliada em uma escala de 1 a 5, considerando a intensidade ou profundidade que o problema pode causar sobre as coisas, pessoas, resultados, processos ou organização e efeitos que surgirão ao longo do tempo se não se atuar sobre ele.
  1. Sem gravidade.
  2. Pouca gravidade.
  3. Grave
  4. Muito grave
  5. Extremamente grave
- Urgência: também avaliada em uma escala de 1 a 5, considera o tempo para a ocorrência de danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema.
  1. Não há pressa na sua realização (dois meses ou mais).
  2. Pode esperar um pouco (um mês).
  3. Prazo médio (uma quinzena).
  4. Curto prazo, com alguma urgência (uma semana).
  5. Necessário uma ação imediata (imediatamente).
- Tendência: É o potencial crescimento do problema, avalia se há tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Representa a maneira de como o problema irá se desenvolver se nada for feito.
  1. Não vai piorar ou pode até melhorar.
  2. Vai piorar a longo prazo (um mês).
  3. Vai piorar a médio prazo (uma quinzena).
  4. Vai piorar a curto prazo (uma semana).
  5. Se nada for feito, o agravamento será imediato.



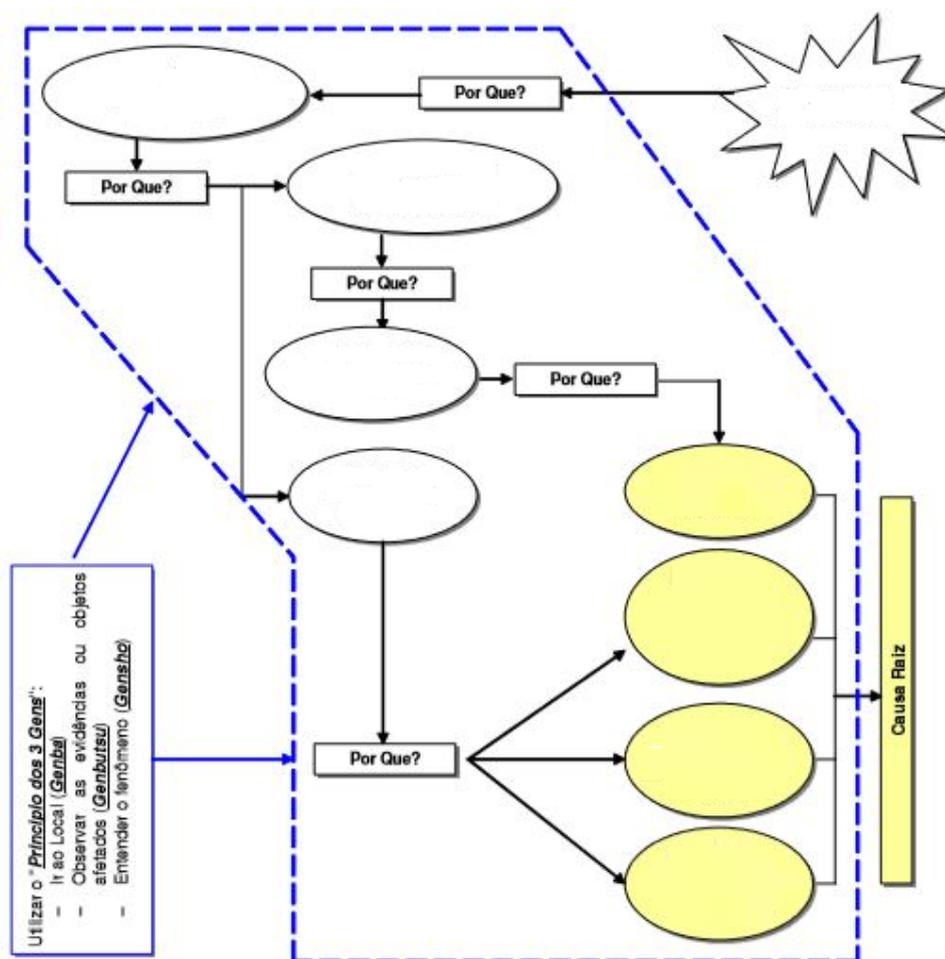


Após a conclusão e execução do plano de ação, deve ser avaliado a sua eficácia, tendo efeito positivo deve ser realizado os registros no histórico do equipamento, caso contrário o plano deverá ser refeito.

### 3.7.2 Metodologia simplificada.

Este método também é abordado por Xenos (1998) e utiliza diretamente o método dos porquês a partir do princípio dos “3Gens”, devendo ser conduzido cuidadosamente, fazendo as perguntas corretas para a aplicação do método, para que conduzam para ações assertivas, determinando 04 (quatro) causas possíveis para a eliminação da causa raiz.

Figura 3.9 – Análise de Falhas utilizando o “Método dos Por quês”



Fonte: Adaptado de Xenos (1998).

Na sequência são determinadas as contra medidas a serem tratadas para bloquear a ou as causas raízes e na sequência a elaboração do plano de ação (exemplo 5W2H, mencionado anteriormente).

### 3.8 COMPARAÇÕES ENTRE MÉTODOS DE ANÁLISE DE FALHAS

Segue quadro comparativo entre os métodos adotados para análise de falhas por dois autores:

Quadro 3.1 – Quadro Comparativo entre Métodos de Análise de Falhas

Passos	Autores	
	José W. Braidotti Jr	Halarius G. Xenos
1	Descrição dos problemas (sintoma)	Descrição dos problemas (Sintoma)
2	Análise dos sintomas, utilizando o diagrama de Causa x Efeito	Aplicação do método dos Porquês para determinação das Causas Fundamentais
3	Priorização dos sintomas, utilizando a matriz GUT	Com as causas evidenciadas, determinar as ações de bloqueio ou contra medidas
4	Aplicação do método dos Porquês para determinação das Causas Fundamentais	Elaboração do plano de ação, modelo sugerido 5W1H
5	Com as causas evidenciadas, determinar as ações de bloqueio ou contra medidas	-
6	Elaboração do plano de ação, modelo sugerido 5W2H	-

Fonte: O autor (2018).

No quadro 3.1 é ilustrado um quadro comparativo entre dois autores que abordam análise de falhas, onde é possível evidenciar que é possível chegar a resultados satisfatórios independente do método utilizado, desde que se tenha cuidado na condução da análise.

### 3.9 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

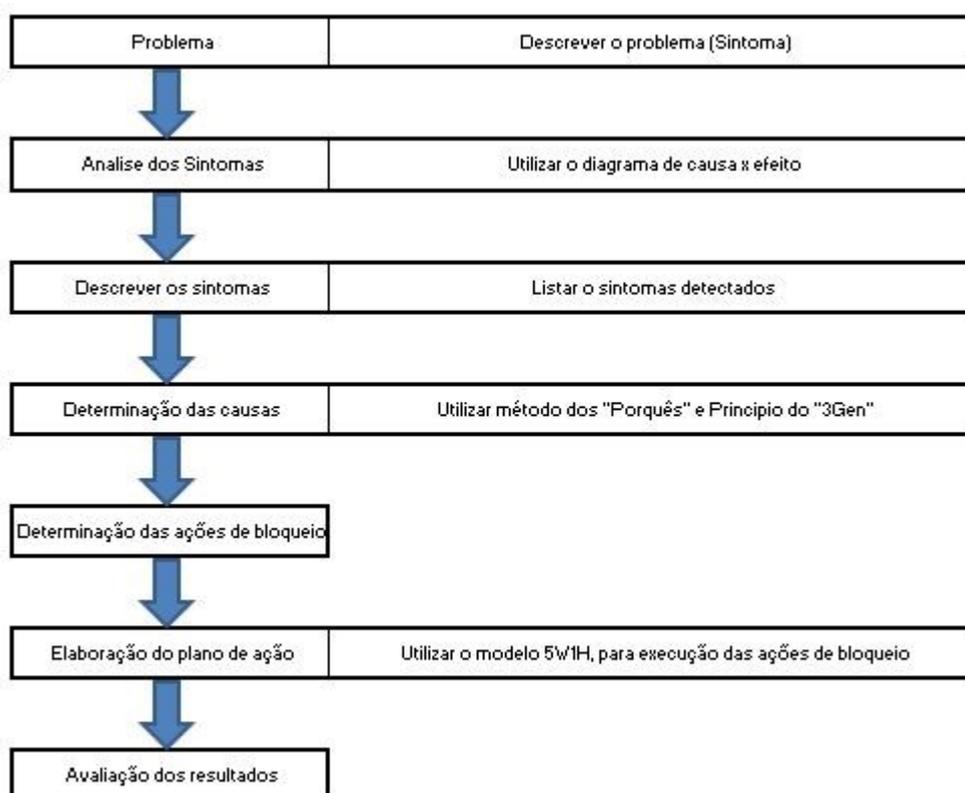
Neste capítulo foi apresentado um o referencial teórico sobre análise de falhas, alguns métodos de análise e um comparativo entre dois autores. Apresentando a fundamentação teórica para o capítulo 4.

No capítulo 4 será apresentada a aplicação de um método adotado com base nos modelos estudados neste capítulo.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado um método para análise de falhas na Impressora Flexografia descrita no capítulo 2, este método toma como base o apresentado por Braidotti no capítulo 3, porém com algumas adaptações para se adequar a realidade da empresa proprietária da máquina e da equipe de manutenção que a mantém.

Figura 4.1 – Fluxograma das Etapas do Método Adotado



Fonte: O Autor (2018).

O fluxograma da figura 4.1 indica os passos a serem seguidos conforme o método adotado.

#### 4.1 PROBLEMA

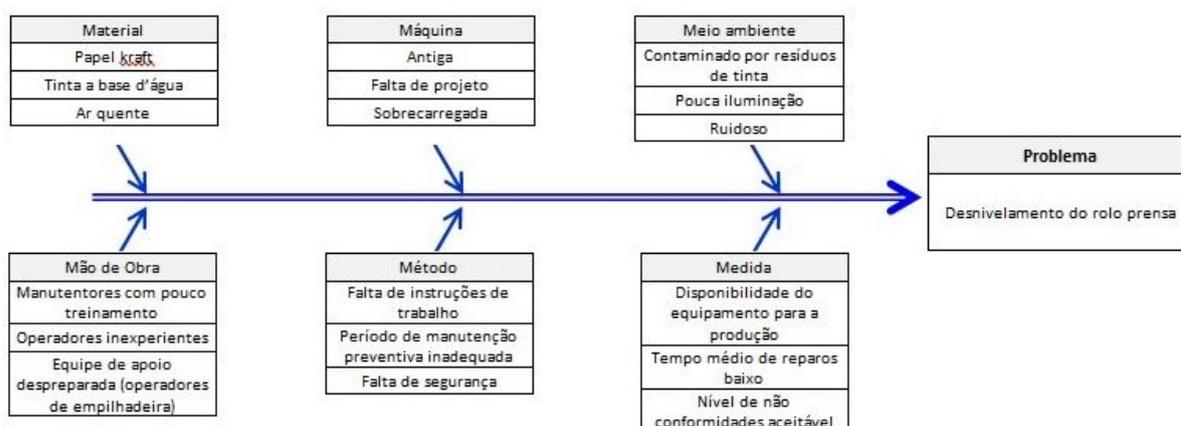
O problema a ser analisado e resolvido é o desnivelamento aleatório do rolo prensa ilustrado na fotografia 2.6, está falha ocorre durante a operação onde são necessárias paradas decorrentes do processo. O rolo prensa é responsável por garantir a dureza da bobina em formação.

O desnivelamento gera o desalinhamento do papel na bobina, sendo necessária a parada do processo, causando perda de matéria prima e insumo além da diminuição da eficiência do equipamento que é considerado crítico pela empresa.

#### 4.2 ANÁLISE DOS SINTOMAS

Após análise do problema foi realizada a análise dos sintomas e preenchido o Diagrama de Causa x Efeito.

Figura 4.2 – Diagrama de Causa x Efeito



Fonte: O Autor (2018).

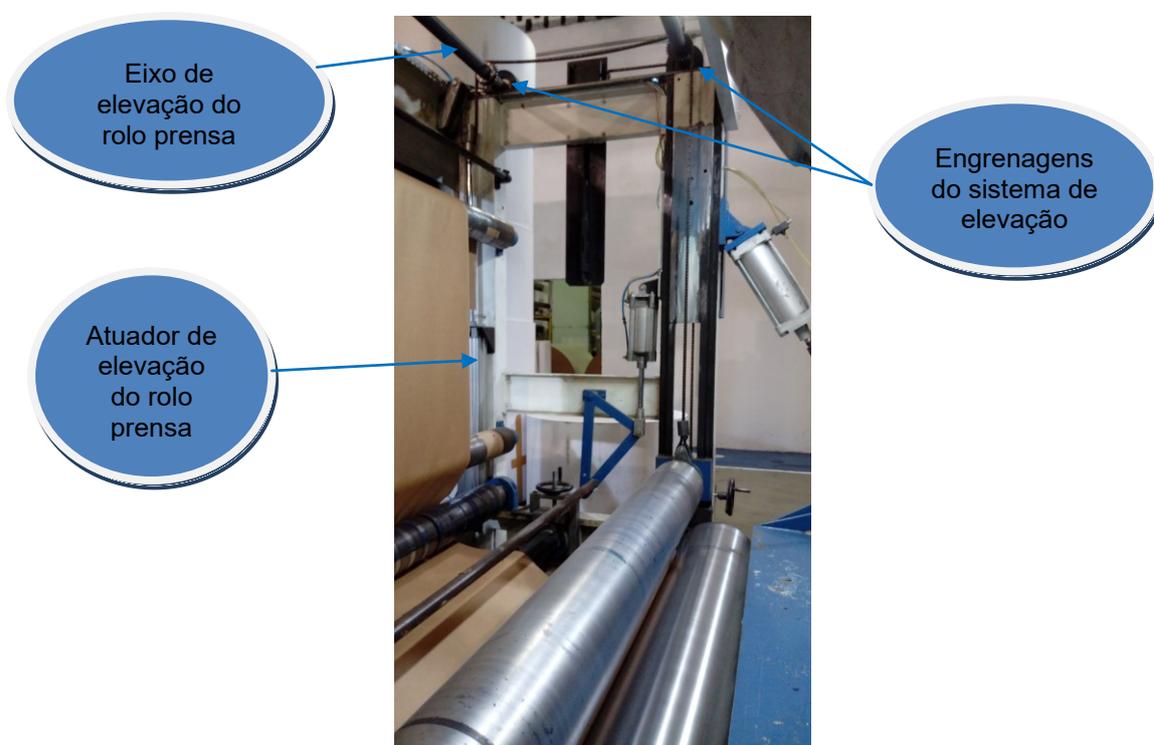
A figura 4.2 mostra o diagrama de “causa x efeito” preenchido, facilitando a visualização dos sintomas do problema.

### 4.3 DESCRIÇÃO DOS SINTOMAS

A seguir são descritos os sintomas observados após análise.

- Os atuadores pneumáticos que elevam o rolo prensa possuem diferença nas velocidades de atuação.
- As engrenagens possibilitam que a corrente pule seus dentes.
- O eixo apresenta trinca proporcionando torção.
- As engrenagens giram saindo de posição.

Figura 4.3 – Sistema de Elevação do Rolo Prensa



Fonte: O Autor (2018).

A figura 4.3 mostra uma visão do local onde estão localizados os componentes mencionados na descrição dos sintomas da falha.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DAS CAUSA

Para a determinação das causas utiliza-se o “Método dos Por quês?” e o princípio dos 3 Gens, ir ao local, observar as evidências ou objetos afetados e entender o fenômeno.

Quadro 4.1 – Método dos “Por Quês?”

SINTOMAS OBSERVADOS				
1 - Atuadores pneumáticos que elevam o rolo prensa possuem diferença nas velocidades de atuação.				
1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?
Estão com diferentes ajustes nas válvulas de controle de fluxo	Alguém sem preparo alterou os ajustes	Os reguladores estão expostos e sem identificação "Não mexer sem autorização."	-	-
Apresentam vazamento em seu reparos internos ou da haste	Defeito dos reparos, qualidade das peças insatisfatória	-	-	-
Apresentam vazamento em seu reparos internos ou da haste	Reparo instalado de forma incorreta, diminuindo a vida útil do componente	-	-	-
2 - As engrenagens possibilitam que a corrente pule seus dentes.				
1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?
As engrenagens estão com seus dentes gastos.	As engrenagens atingiram sua vida útil e não foram substituídas	-	-	-
A corrente fica frouxa	Os eixos de acionamento estão muito afastados, quando o rolo baixa sobre a bobina a gravidade faz com a corrente forme uma folga em forma de arco	Erro de projeto	-	-

3 - As engrenagens não estão travadas.				
1' Por quê?	2' Por quê?	3' Por quê?	4' Por quê?	5' Por quê?
As engrenagens giram, saindo de posição	As engrenagens estão soltas	Soltaram devido a vibração	Não foi percebido, por falta de inspeção	-
As engrenagens giram, saindo de posição	As engrenagens estão soltas	Soltaram devido a vibração	Amáquina não está presa adequadamente ao piso	-
As engrenagens giram, saindo de posição	As engrenagens estão soltas	Soltaram devido a vibração	Rolo e eixos desbalanceados	-
4 - O eixo apresenta trinca proporcionando torção.				
1' Por quê?	2' Por quê?	3' Por quê?	4' Por quê?	5' Por quê?
Falha de fabricação	Método de fabricação e/ou material incorreto	-	-	-
Falha de fabricação	Erro no projeto do eixo	-	-	-
Trinca devido a vibração excessiva	Amáquina não está presa adequadamente ao piso	-	-	-
Trinca devido a vibração excessiva	Rolo e eixos desbalanceados	-	-	-

Fonte: O Autor (2018).

No quadro 4.1, pode-se observar as respostas ao questionamento feito pela sequência de por quês.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DE BLOQUEIO

Com as causas definidas podem-se determinar as ações de bloqueio ou contra medidas.

Quadro 4.2 – Ações de Bloqueio

Causa Fundamentais	Ações de Bloqueio
Os reguladores de fluxo dos atuadores que elevam o rolo prensa estão expostos e sem identificação "Não mexer sem autorização."	1 - Substituir reguladores de fluxo por outro modelo, que não permita o ajuste manual do fluxo.
Reparo dos atuadores que elevam o rolo prensa foram instalado de forma incorreta, diminuindo a vida útil do componente	1 - Treinar a equipe de manutenção para realizar as substituições dos reparos de forma adequada. 2 - Adquirir ferramentas adequadas para realizar manutenções em atuadores.
As engrenagens atingiram sua vida útil e não foram substituídas	1 - Trocar as engrenagens de acordo com a periodicidade recomendada pelo fabricante. 2 - Treinar inspetores de manutenção a avaliar o desgaste das engrenagens de acordo com parâmetros estabelecido pelo fabricante
Erro de projeto, quanto a determinação das distâncias entre os eixos	1 - Alterar projeto de forma adequada a garantir que a folga da corrente, não cause o enrosco da corrente e não permita que ela pule dentes.
Não foi percebido, por falta de inspeção que as engrenagens estavam soltas	1 - Treinar o inspetor de manutenção quanto aos critérios de inspeção
A máquina não está presa adequadamente ao piso	1 - Refazer a fixação piso
Rolo e eixos desbalanceados	2 - Avaliar se a forma como a máquina é presa ao piso é suficiente. 3 - Providenciar o balanceamento de todos os rolos de passagem.
O eixo que eleva o rolo prensa apresentou trinca devido ao método de fabricação e/ou material estar incorreto	1 - Avaliar se o eixo apresenta trinca. 2 - Re-projetar o eixo 3 - Fabricar e instalar eixo de acordo com o novo projeto
O eixo que eleva o rolo prensa apresentou trinca devido a ser	

Fonte: O Autor (2018).

Pode ser observado no quadro 4.2, que podem existir mais de uma ação para cada causa fundamental.

## 4.6 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.

Após serem determinadas as ações de bloqueio elabora-se o plano de ação para execução das ações, no quadro 4.3 é apresentado o plano de ação no formato 5W1H para as ações determinadas no item 4.5.

Quadro 4.3 – Plano de Ação “5W1H”

WHAT O quê será feito?	WHY Por que será feito?	HOW Como será feito?	WHO Quem fará?	WHERE Onde será feito?	WHEN Quando será feito?			
					Semana 06	Semana 07	Semana 08	Semana 09
1 - Substituir reguladores de fluxo por outro modelo, que não permita o ajuste manual do fluxo.	Para evitar que uma pessoa despreparada mexa no ajuste.	Serão substituídos os reguladores de fluxo dos atuadores que atuam sobre o rolo prensa, em ambos os sentidos de atuação, por outro modelo que seja necessário o uso de chave específica para ajuste.	Mecânico 01	Área de produção	XX			
2 - Treinar a equipe de manutenção para realizar as substituições dos reparos de forma adequada.	Para garantir que os manutentores tenham capacidade de realizar a manutenção de forma qualificada.	Será realizado treinamento a ser ministrado pelo fornecedor de peças sobressalentes.	Fornecedor de vedações 01	Departamento de manutenção		XX		
3 - Adquirir ferramentas adequadas para realizar manutenções em atuadores.	Para dar condições ao manutentor de executar a manutenção com qualidade.	Será adquirido kit de ferramentas, fornecido pelo fornecedor de peças sobressalentes.	Comprador 01	Departamento de compras			XX	
4 - Trocar as engrenagens de acordo com a periodicidade recomendada pelo fabricante.	Para ter o conhecimento da periodicidade recomendada para a troca das engrenagens, verificar se há necessidade da troca, trocar se necessário e realizar as substituições em intervalos corretos.	1 - Consultar fabricante de engrenagens quanto a periodicidade recomendada de troca das engrenagens e como se deve avaliar seu desgaste.	Analista de manutenção 01	Departamento de manutenção	XX			
		2 - Avaliar as engrenagens instaladas para verificar se estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo fabricante executar a troca se necessário	Analista de manutenção 02	Área de produção		XX		
		3 - Ajustar plano de manutenção de acordo com os critérios estabelecidos pelo fabricante.	Analista de PCM	Departamento de manutenção		XX		

WHAT O quê será feito?	WHY Por que será feito?	HOW Como será feito?	WHO Quem fará?	WHERE Onde será feito?	WHEN Quando será feito?			
					Semana 06	Semana 07	Semana 08	Semana 09
5 - Treinar inspetores de manutenção à avaliar o desgaste das engrenagens de acordo com parâmetros estabelecido pelo	Para que as inspeções sejam baseadas em critérios mais específicos de avaliação	Treinando / orientando os inspetores de acordo com as informações do fabricante.	Analista de manutenção 01	Departamento de manutenção		XX		
6 - Alterar projeto de forma adequada a garantir que a folga da corrente, não cause o enrosco da corrente e não permita que ela pulse dentes.	Para garantir o funcionamento adequado do sistema de elevação.	1 - Será instalado sistema de guia para as correntes.	Mecânico 01	Área de produção		XX		
		2 - Será instalado um contrapeso na extremidade da corrente para auxiliar no esticamento.	Mecânico 01	Área de produção	XX			
7 - Treinar o inspetor de manutenção quanto aos critérios de inspeção.	Para maior confiabilidade nas inspeções, quando a fixação dos componentes (engrenagens e fixação das bases)	Será realizado treinamento e orientações aos inspetores para realizarem uma melhor avaliação do equipamento	Analista de manutenção 01	Departamento de manutenção		XX		
8 - Avaliar se a forma como a máquina é presa ao piso é suficiente.	Para verificar se os componentes (fixadores) utilizados para a fixação são suficientes	Será inspecionado o equipamento, realizando reapertos e verificado se faltam fixadores. Caso faltarem serão instalados.	Mecânico 02	Área de produção		XX		
9 - Providenciar o balanceamento de todos os rolos de passagem.	Para diminuir/eliminar vibrações	Serão balanceados dois a dois rolo de passagem, afim de não interferir no funcionamento da máquina	Mecânico 02 / Prestador de serviços 01	Oficina do Prestador de serviços 01 / Área de Produção		XX	XX	XX
10 - Avaliar se o eixo apresenta trinca.	Para verificar se realmente existe uma trinca no eixo	Será retirado da máquina para avaliação, caso exista uma trinca, será realizado o reparo do eixo. E realizado os passos indicados abaixo.	Mecânico 02	Área de produção		XX		
11 - Re-projetar o eixo (depende do resultado do item anterior).	Para garantir o funcionamento adequado do sistema.	Será contratado um projetista para avaliação e realização do projeto	Prestador de serviços 02	Empresa do Prestador de			XX	
12 - Fabricar e instalar eixo de acordo com o novo projeto (depende do resultado do item anterior).	Para garantir o funcionamento adequado do sistema.	Será confeccionado eixo conforme projeto e substituído no equipamento	Prestador de serviços 03	Oficina do Prestador de serviços 03 / Área de Produção				XX

Fonte: Adaptado de Xenos (1998).

Após o plano de ação ser definido ele deve ser executado, com essas ações esperasse a eliminação do problema.

#### 4.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a execução o plano de ação apresentado no quadro 4.3, o equipamento, foi acompanhado por mais 22 (vinte e duas) semanas, para avaliação dos resultados. Neste período à falha de desnivelamento do rolo prensa não ocorreu mais. No semestre anterior a execução do plano de ação havia ocorrido 06 (seis) paradas devido ao desnivelamento, totalizando uma perda no processo de 14,66 horas de produção.

A execução do plano de ação, além da eliminação da causa raiz da falha, possibilitou algumas ações preventivas que beneficiaram o estado do equipamento possibilitou a evolução da equipe de manutenção, através dos conhecimentos adquiridos consultando fornecedores, bem como nos treinamentos executados.

A cultura de se analisar as falhas, trouxe principalmente aos membros mais jovens o anseio pelo aumento dos conhecimentos e enriquecimento profissional, beneficiando muito a empresa.

#### 4.8 SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o método adotado para análise de falhas, o problema a ser resolvido e os passos tomados para a eliminação das causas raízes da falha. Também descreve a avaliação dos resultados obtidos.

## **5 CONCLUSÃO**

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um método para análise de falhas, tendo como referencia 02 (dois) autores sobre o tema. Os resultados da aplicação foram positivos, pois além de resolver um problema que se repetia constantemente, possibilitou o desenvolvimento do setor de manutenção, introduzindo o conceito e práticas de análise falhas. Atingindo totalmente os objetivos propostos.

A principal dificuldade encontrada foi a falta de colaboração na execução de alguns passos da análise, devido a equipe de manutenção ser pequena e inflexível a mudanças. Porém esta situação foi contornável, deixando clara a importância de cada membro da equipe, para que o resultado final fosse alcançado.

Portanto o aprendizado obtido neste trabalho trouxe muitos benefícios, não só ao setor de manutenção, mais ao processo como um todo por trazer maior confiabilidade nas ações tomadas.

Entretanto a empresa demonstrou ser a maior beneficiária, pois terá maiores índices de disponibilidade e menores perdas no processo.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão, para trabalhos futuros, indica-se a aplicação dos conceitos de confiabilidade na elaboração dos planos de manutenção com base na MCC- Manutenção Centrada em Confiabilidade tanto para a máquina estudada como em outras da própria empresa.

## REFERÊNCIAS

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

JUNIOR, José Wagner Braidotti. **A Falha não é uma opção**, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2013.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.

RIGONI, E.; DIAS, A.; CALIL, L. F. P.; OGLIARI, A.; SAKURADA, E. Y.; KAGUEIAMA, H. A. **Metodologia para análise de risco: mitigação de perda de SF6 em disjuntores. 1ª Edição**, Florianópolis: Studio S Diagramação e Arte Visual, 2011. v. 1. 304 p.

RODRIGUES, Marcelo. **Gestão da manutenção elétrica, eletrônica e mecânica**. Ed Base. Curitiba – Brasil. 2010. 152p.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2005. 408p.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva, 1ª Edição**, Editora INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 1998.