



**UFES - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**Projeto de Graduação em Engenharia Mecânica**

# **NOVA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA EM EMPRESA DE REFRIGERANTE – PROPOSTA E ESTUDO DE CASO**

BRENO DUMMER PASSAMAI  
GUSTAVO BECCALLI DE CASTILHO

**VITÓRIA - ES,  
JULHO DE 2007.**



BRENO DUMMER PASSAMAI  
GUSTAVO BECCALLI DE CASTILHO

**NOVA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA EM  
EMPRESA DE REFRIGERANTE – PROPOSTA E  
ESTUDO DE CASO**

Estudo de caso apresentado pelos alunos Breno Dummer Passamai e Gustavo Beccalli de Castilho ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Engenheiro Mecânico, sendo o Orientador, o Professor Oswaldo Paiva Almeida Filho.

**VITÓRIA - ES,  
JULHO DE 2007.**



BRENO DUMMER PASSAMAI  
GUSTAVO BECCALLI DE CASTILHO

**NOVA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA EM  
EMPRESA DE REFRIGERANTE – PROPOSTA E  
ESTUDO DE CASO**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Oswaldo Paiva Almeida Filho**  
**Orientador**

---

**Prof. Luciano Castro Lara**  
**Examinador**

---

**Prof. João Paulo Barbosa**  
**Examinador**

Vitória-ES, 09 de Julho de 2007

Este projeto é dedicado à noiva, à namorada e às famílias, pela paciência, apoio e compreensão que os foram essenciais à sua conclusão.

Também o dedicamos a todas as pessoas que acreditaram em nossa capacidade de superar as dificuldades e vencer mais essa etapa de nossas vidas; àqueles que direta e indiretamente colaboraram para a realização desse projeto de cunho acadêmico, os nossos professores do curso, em especial o nosso orientador, o Professor Oswaldo Paiva Almeida Filho pelo empenho e presteza com que nos atendeu e a Empresa de Refrigerantes alvo deste Estudo de Caso, na pessoa dos seus Supervisores de Manutenção e do seu Analista de Processos Industriais por criarem condições ao desenvolvimento técnico e profissional adquiridos durante a elaboração desse projeto.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Confiabilidade Inerente x Confiabilidade Operacional.....	19
Figura 2 - Variação da Confiabilidade Operacional x Manutenção.....	20
Figura 3 - Áreas de Atuação da Engenharia de Manutenção.....	23
Figura 4 - Componentes de um programa RCM .....	27
Figura 5 - Fluxograma da Analise Estruturada da Falha .....	30
Figura 6 - Sistemática de funcionamento do PDCA. ....	34
Figura 7 – PDCA na implantação de melhorias.....	36
Figura 8 - Sistemática de funcionamento da RCFA segundo a lógica do PDCA.....	36
Figura 9 - Diagrama de Ishikawa usando 6M .....	39
Figura 10 - Fluxo de Funcionamento dos 5 Porquês.....	42
Figura 11 - Diagrama de Eventos e Fatores Causais.....	43
Figura 12 - Organograma da Manutenção .....	46
Figura 13 - Relação dos Problemas Propostos .....	48
Figura 14 - Ferramentas utilizadas para eliminação dos Problemas.....	49
Figura 15 - Ordem de Serviço da falha analisada .....	53
Figura 16 - Ordem de Serviço da falha analisada .....	53
Figura 17 - Estrutura de Tagueameto da empresa.....	55
Figura 18 - Regra dos 10 pra 1 .....	57
Figura 19 - Formulário de Análise simplificada.....	58

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	– Associação brasileira de Manutenção
AF	– Análise de Falha
FMEA	– Failure Mode and Effect Analysis (Análise do Modo e Efeito da Falha)
ISO	– International Standardization Organization (Organização Internacional de Normalização)
MCC	– Manutenção Centrada em Confiabilidade
MTV	– Medir, Testar e Verificar
NBR	– Norma Brasileira
OS	– Ordem de Serviço
PDCA	– Plan, Do, Check and Action (Planejar, Executar, Checar e Agir)
PIS	– Procedimento de Intervenção Sistemática
RCM	– Reliability Centered Maintenance (Manutenção Centrada em Confiabilidade)
RCFA	– Root Cause Failure Analysis - Análise da Causa Raiz da Falha
UFES	– Universidade Federal do Espírito Santo

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	II
LISTA DE SIGLAS .....	III
SUMÁRIO .....	IV
RESUMO .....	VII
1 INTRODUÇÃO .....	8
2 TEORIAS DA MANUTENÇÃO.....	10
2.1 Conceitos Básicos de Manutenção .....	11
2.2 Tipos de Manutenção.....	12
2.2.1 Manutenção Preventiva .....	12
2.2.2 Manutenção Corretiva .....	13
2.2.3 Complementaridade das Manutenções Preventiva e Corretiva ..	13
2.3 Mantenabilidade .....	14
2.3.1 Fatores que Influenciam na Mantenabilidade.....	14
2.4 Confiabilidade.....	15
2.4.1 Definição e Análise de Confiabilidade .....	15
2.4.2 Análise da Definição .....	17
2.4.3 Tipos de confiabilidade .....	18
2.4.4 Pontos Básicos Sobre a Aplicabilidade do Conceito de Confiabilidade .....	20
2.5 Disponibilidade .....	21
3 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO.....	22
3.1 Missão da Engenharia De Manutenção .....	22
3.2 Ferramentas Para Melhoria da Performance .....	23
3.2.1 Arquivo Técnico .....	23
3.2.2 Desenvolvimento de Fornecedores .....	24
3.2.3 Procedimentos de Intervenção Sistêmica (PIS) .....	24
3.2.4 Estudos e Melhorias de Manutenção .....	25
3.2.5 Sistema de Gerenciamento de Manutenção .....	25
3.2.6 Apoio Técnico à Manutenção .....	25

3.2.7	Normalizações .....	25
3.2.8	Cursos/Palestras .....	26
3.2.9	Manutenção Preditiva .....	26
3.2.10	RCM .....	26
3.3	Considerações sobre engenharia de manutenção .....	28
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA .....</b>	<b>29</b>
4.1	Introdução a Análise de Falha.....	29
4.2	Definições.....	31
4.3	Objetivo da Análise de Falha .....	31
4.4	Análise da Causa Raiz da Falha - RCFA.....	32
4.5	Sistemática de funcionamento da Análise de Falha - RCFA .....	33
4.5.1	Identificar e Priorizar Problemas.....	37
4.5.2	Coleta e Dados .....	38
4.5.3	Avaliação .....	38
4.5.4	Busca da Causa Raiz .....	41
4.5.5	Planejamento das Ações de Contenção .....	44
4.5.6	Implementação, acompanhamento das ações e correção de desvios.....	44
4.5.7	Documentação.....	44
4.5.8	Padronização.....	45
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO: EMPRESA DE REFRIGERANTE .....</b>	<b>46</b>
5.1	A Empresa.....	46
5.2	O Setor de Manutenção .....	46
5.3	Problema Proposto.....	47
5.4	Solução Proposta .....	48
5.5	Adequação da ferramenta Análise de Falha à Sistemática da Empresa .....	50
5.5.1	Critério para Execução da Análise de Falha .....	50
5.5.2	Formulários de registro e Análise de Falha .....	51
5.5.3	Procedimento para preenchimento da Análise de falha.....	51

5.5.4	Controle das Falhas e Gerenciamento do Banco de Falhas.....	52
5.6	Aplicação da Ferramenta em Problemas Reais – Estudo de Caso ...	52
5.7	Resultados Esperados / Resultados Obtidos.....	54
5.8	Melhorias Futuras.....	54
5.8.1	Melhoria na estrutura de Tagueamento .....	54
5.8.2	Definição e organização de Grupos de Equipamentos .....	56
5.8.3	Especificação de Software para gerenciamento do Banco da Falhas... .....	56
5.8.4	Desenvolvimento de metodologia de análise Simplificada.....	56
6	CONCLUSÃO .....	59
7	BIBLIOGRAFIA .....	60
	ANEXOS .....	61
	Anexo A - Formulários de registro e Análise de Falha .....	62
	Anexo B – Procedimento para Preenchimento da e Análise de Falha.....	69
	Anexo C – Mapa de Controle de Ações das Análises de Falhas .....	78
	Anexo D – Análises de Falhas Aplicação Pratica .....	79

## **RESUMO**

Este trabalho descreve o desenvolvimento, implantação e estudo de caso de uma nova metodologia de Análise de Falhas, para o setor de manutenção de uma empresa de refrigerante situada na Grande Vitória. Tal metodologia é baseada no modelo RCFA (Root Cause Failure Analysis – Análise da Causa Raiz da Falha) ferramenta do RCM (Reliability Centered Maintenance) ou em português MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), que recomenda a utilização do diagrama de Ishikawa para análise e visa ir muito além de simplesmente solucionar a falha ocorrente. Como mostrado no trabalho, tão importante quanto solucionar uma falha em algum componente da planta fabril, é criar um registro adequado para as Análises de Falhas realizadas, manter um histórico com as falhas ocorridas nos equipamentos e componentes com o passar do tempo, ter controle sobre os planos de ação gerados a partir de causas detectadas e principalmente, ter posse da informação correta para basear um plano de ação coerente e que realmente bloqueie a causa fundamental de falhas em componentes. Como bases para o desenvolvimento deste trabalho são explicadas e exemplificadas todas as modalidades de manutenção, dando foco à RCFA (Root Cause Failure Analysis) e MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), definindo todos os termos usados na manutenção no Brasil. No que tange ao estudo de caso, são apresentados os problemas existentes anteriormente ao desenvolvimento da metodologia exposta neste trabalho, que gerou o interesse pelo desenvolvimento do mesmo, conclusões advindas do uso desta metodologia na empresa, são mostrados os resultados esperados e os resultados obtidos, bem como feitas proposições para melhoria do processo de manutenção da empresa como um todo, baseando-se sempre nos conceitos e teorias citados neste trabalho.

# 1 INTRODUÇÃO

Em todo processo industrial, inúmeros fatores podem inserir falhas à equipamentos, o que torna o setor de manutenção extremamente importante dentro do contexto operacional da empresa. É cada vez menos aceitável pensar a realidade de uma empresa apenas no que diz respeito a seu processo produtivo, pois no cenário atual, com a extrema competitividade de mercado, níveis de disponibilidade e confiabilidade de equipamentos se tornam cada vez mais importante, impactando no faturamento da empresa.

Desde a concepção do projeto, falhas podem ser inseridas no projeto, seja por erros de concepção, interpretação ou execução do projeto. Partindo do princípio de um projeto desenvolvido corretamente, supõe-se uma condição ideal para operação da planta, o que pode em muitos casos não ser a realidade. Operando em condições destoantes do especificado, a probabilidade de ocorrer falhas sobe consideravelmente. Ainda na fase inicial, a execução física incorreta do projeto induz da mesma forma a índices de falhas elevados. Após a fase inicial da vida da planta, a operação inadequada, vida-útil excedida dos equipamentos e a própria manutenção realizada de maneira inadequada podem trazer falhas catastróficas e, mantendo o foco na atividade fim da empresa, a menores índices de disponibilidade de operação e confiabilidade, acarretando perda de faturamento.

Dentro desta realidade, garantir uma metodologia para a execução de análises de falhas eficiente, atingindo a causa fundamental (causa raiz) de cada falha, gerando um registro adequado para o controle dos planos de ação gerados na análise, permite minimizar o número de falhas na indústria, porém não se limitando a isto. Uma correta Análise de Falhas pode, em certos casos, levar a uma mudança de projeto ou de estrutura no processo de manutenção da empresa. Além de um processo de análise bem estruturado, algumas ações estruturais maximizam a eficácia do processo de manutenção, como o desenvolvimento de uma ferramentaria eficiente, estrutura de “tagueamento” bem definida, escolha de índices de manutenção adequados ao processo produtivo, etc.

Para efetuar o processo de Análise de Falha, a escolha de uma correta metodologia para análise garante um fluxo de ações com escopo bem definido que levam à causa fundamental das falhas ocorrentes e subsidiam uma correta tomada

de decisões, até mesmo a nível gerencial. Dentro de várias metodologias existentes para análise, destacam-se a FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) e RCFA (Root Cause Failure Analysis), por serem amplamente utilizadas na indústria e por gerarem ações de bloqueio às causas fundamentais das falhas encontradas, conforme citado anteriormente.

Dada a importância do processo de Análise de Falhas e do processo de manutenção na realidade da indústria hoje, este projeto tem como objetivo capacitar os responsáveis pelo processo de execução das análises e criar uma metodologia eficiente, aplicável à uma empresa de refrigerantes, buscando suprir suas necessidades e otimizar seu processo de manutenção.

## 2 TEORIAS DA MANUTENÇÃO

Até o início da década de 90, aceitava-se no mundo industrial que o objetivo da manutenção era apenas garantir a disponibilidade dos equipamentos, com baixo custo de trabalho e com índices de acidentes de trabalho aceitáveis e compatíveis com a legislação daquela época.

As novas exigências do mundo moderno têm aumentado as responsabilidades da manutenção e para se gerenciar corretamente a manutenção dos modernos meios de produção são exigidos métodos e sistemas de programação, controle e execução da manutenção tão ou mais eficientes que os próprios equipamentos em questão, tendo em vista a necessidade de melhoria da qualidade e de produtividade da empresa dentro dos parâmetros que permitam que ela sobreviva no mercado, com respeito ao meio ambiente, segurança e a área de atuação.

Recentemente a responsabilidade básica da manutenção de “garantia de disponibilidade” tem sido ampliada, com a manutenção participando de todas as etapas das atividades do ciclo de vida dos equipamentos a partir da fase de implantação das instalações, participando do processo decisório de implantação, do projeto, da montagem e de qualquer outra etapa ligada aos equipamentos. Surge o conceito de que a *manutenção é responsável pelos “Ativos” da empresa, de maneira ampla*.

Esta visão é ressaltada pelo mesmo consultor americano, que coloca como objetivo do gerenciamento da manutenção o seguinte: “*gerenciamento de todos os ativos da empresa, visando à maximização do retorno do investimento nos ativos*”<sup>1</sup>.

Assim, a definição dos objetivos da manutenção, tornou-se uma tarefa complexa e tem mudado rapidamente, variando de acordo com a empresa, com os seus ramos de atuação e trabalho, o seu mercado consumidor, e em especial com os interesses e diretrizes dos seus controladores, não sendo possível atualmente pensar em padronizar “Objetivos da Manutenção”, que possam atender a todas as empresas.

---

<sup>1</sup> WIREMAN, Terry. “Developing Performance Indicators for Managing Maintenance” Industrial Press Inc- USA 1998)

Portanto, para se ter sucesso no atendimento dos objetivos cada vez mais complexos de uma manutenção adequada, é necessário uma abordagem mais científica da mesma.

## 2.1 Conceitos Básicos de Manutenção

No Brasil, os principais termos de manutenção foram padronizados pela norma ABNT NBR 5462 “Confiabilidade e Mantenabilidade”, de Novembro de 1994<sup>2</sup>, que reúne a terminologia básica sobre o assunto, da qual se destaca o seguinte:

**Item:** Qualquer parte, dispositivo, componente, unidade funcional, subsistema, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente;

**Falha:** Término da capacidade de um item a sua função requerida. Falha é um evento, diferente de pane, que é um estado. Uma pane é geralmente decorrente de uma falha de um item, podendo existir sem uma falha anterior.

**Defeito:** Qualquer desvio de uma característica de um determinado item em relação aos seus requisitos. Um “defeito” não impede o funcionamento de um item, mas se não corrigi-lo levará o item à “falha”;

**Pane:** Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida;

**Manutenção:** 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. A manutenção pode incluir uma ou mais modificações em um item;

---

<sup>2</sup>NBR 5462 - *Confiabilidade e Mantenabilidade*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1994.

**Reparo:** Parte da manutenção corretiva na qual são efetuadas as ações de manutenção efetiva sobre um item, excluindo-se os atrasos técnicos.

## 2.2 Tipos de Manutenção

No que tange à classificação dos tipos de manutenção, além da já citada norma ABNT – NBR 5462, a ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção)<sup>3</sup>, criou também, terminologia de manutenção, escrita com base nos questionários realizados pela associação a cada dois anos nas empresas brasileiras.

A elaboração da terminologia com base nos questionários serve, ainda, como indicador de desempenho da manutenção brasileira e permite que as empresas possam comparar, com maior precisão, seus indicadores de manutenção com os indicadores Nacionais da ABRAMAN, sendo a mais utilizada atualmente.

A classificação do documento nacional da ABRAMAN enquadra todos os serviços de manutenção dos equipamentos, em três grupos apenas:

- Manutenção Preventiva por Tempo
- Manutenção Preventiva por Estado (inclui a Manutenção Preditiva )
- Manutenção Corretiva

### 2.2.1 Manutenção Preventiva

“Manutenção efetuada em intervalos pré-definidos, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um determinado item.”

É o tipo de intervenção que permite o planejamento, a programação e a preparação dos serviços antes da ocasião provável do aparecimento das falhas, o que é uma grande vantagem competitiva e engloba os seguintes tipos:

---

<sup>3</sup> ABRAMAN – **Documento Nacional – A situação da Manutenção no Brasil.** ed. 2001: Questionário. Rio de Janeiro: 2001.

- Manutenção Preventiva Sistemática ou por Tempo: é a manutenção programada segundo critérios sistemáticos pré-estabelecidos, geralmente em função do tempo de funcionamento.
- Manutenção Preventiva por Estado ou por Condição: é a manutenção efetuada em função da detecção da variação da condição operacional através do acompanhamento ou controle preditivo de parâmetros do item em questão, que indicam a necessidade de correção antes do aparecimento de uma falha.

### **2.2.2 Manutenção Corretiva**

Manutenção efetuada após ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Deve-se, então, entender como, Manutenção Corretiva apenas o trabalho de manutenção realizado em equipamentos ou em sistemas que já tenham sofrido falhas, para assim sanar essas falhas.

Esse tipo de manutenção pode ser subdividida em dois tipos:

- Manutenção Corretiva Não Planejada: normalmente ocorre quando um equipamento que está em operação vem a falhar, sendo necessário corrigir a falha o mais rápido possível para restabelecer a produção.
- Manutenção Corretiva Planejada: verificada quando é possível e/ou necessário postergar o reparo, realizando assim o planejamento do mesmo.

Há que se ressaltar que a eliminação de defeitos durante o funcionamento do equipamento ou do sistema não pode ser enquadrado como manutenção corretiva.

### **2.2.3 Complementariedade das Manutenções Preventiva e Corretiva**

Confirmando o conceito de que é impossível conseguir confiabilidade igual a “1”, 100%, a prática mostra que por mais eficiente que seja a organização da manutenção, do ponto de vista econômico, existe um ponto ideal em que o aumento do nível de manutenção preventiva gera um custo maior do que a diminuição de despesas provenientes da redução da manutenção corretiva.

Desta forma, há sempre uma manutenção corretiva residual, que sob o enfoque econômico deve ser mantida, para que se encontre um equilíbrio entre a manutenção preventiva e a corretiva.

## 2.3 Mantenabilidade

Mantenabilidade é a capacidade de um determinado item de um equipamento ser mantido em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso específicas.

A mantenabilidade deve ser entendida como o grau de facilidade de execução de manutenção do equipamento em questão. Para as mesmas condições e recursos de trabalho, quanto menor o tempo médio de execução dos serviços de manutenção de um equipamento, maior será a mantenabilidade do mesmo.

### 2.3.1 Fatores que Influenciam na Mantenabilidade

A mantenabilidade é uma propriedade que depende inicialmente das próprias características intrínsecas do item, equipamento ou sistema, dependendo, pois, essencialmente da qualidade do projeto. Assim, é necessário prever, durante o projeto, as características necessárias para aumento da propriedade em questão. Porém, existem fatores operacionais que também afetam este parâmetro, tais como:

- Fatores de projeto para aumento de mantenabilidade:
  - Padronização e intercambiabilidade de componentes;
  - Facilidade de acesso, limpeza, montagem e desmontagem;
  - Facilidade de inspeção e troca de peças;
  - Melhorias das condições de trabalho, segurança, conforto, etc.;
  - Instruções de manutenção e desenhos de fabricação de sobressalentes adequados.
- Fatores operacionais para aumento da mantenabilidade:
  - Disponibilidade de peças, ferramental e materiais;
  - Manuais e catálogos de peças;

- Logística de manutenção e controle de estoque;
- Localização dos almoxarifados e oficinas;
- Facilidade de obter assistência técnica;
- Capacitação e habilidade pessoal.

## 2.4 Confiabilidade

O verdadeiro objetivo da manutenção é “não fazer manutenção”. Isto já foi quase alcançado em alguns tipos de equipamentos, normalmente nos eletrodomésticos, tais como: geladeira, máquina de lavar roupas, liquidificador, ferro de passar roupas e outros tantos.

Perante a evolução tecnológica destes equipamentos, é perfeitamente normal que uma geladeira funcione sem manutenção durante sua vida útil esperada. Porém, isto ainda não é a realidade para todas, sendo que eventualmente algumas delas falham e necessitam ser reparadas. Entretanto, podemos dizer que as geladeiras de boa marca, tem uma alta “confiabilidade”, isto é, dificilmente vão vir a falhar.

Assim, “defeitos”, “falhas” e “confiabilidade” são conceitos básicos importantes à manutenção e devidamente padronizados em todo o mundo industrial, inclusive no Brasil, conforme citado anteriormente.

### 2.4.1 Definição e Análise de Confiabilidade

“Confiabilidade é a probabilidade de um item poder desempenhar uma função requerida, sob dadas condições, durante um intervalo de tempo”, (ABNT 5462).

Ainda segundo a referida norma da ABNT, confiabilidade é o atributo caracterizado pela probabilidade do produto cumprir sua função ao longo do ciclo de vida. É muitas vezes confundida com qualidade, dado que tem forte relação com o padrão de desempenho do produto.

O importante é compreender que a definição de confiabilidade deve conter quatro estruturas fundamentais ou categorias, quais sejam: probabilidade, comportamento adequado, período de uso e condições de uso. Seus significados devem ser considerados integralmente em cada etapa do ciclo de vida do produto,

em especial no processo de projeto, bem como na análise da atividade para garantia da confiabilidade.

A probabilidade expressa à possibilidade de ocorrência de um evento. Por isso, não existe uma simples fórmula ou uma única técnica a considerar, uma vez que dependem do problema existente e das condições de contorno estabelecidas.

A dificuldade da consideração dessa estrutura ocorre principalmente nas primeiras etapas do desenvolvimento do produto e, praticamente, em todas as fases do processo de projeto, devido à falta de informações em quantidade e qualidade estatisticamente representativa do evento em foco.

Há que se utilizar, nesses casos, estratégias e ferramentas de análise compatíveis às exigências requeridas pela tomada de decisão recomendada para cada etapa do ciclo de vida. Na presença de dados estatísticos e através de formulações apropriadas, podem-se estabelecer referenciais a serem seguidos para cada etapa do ciclo de vida ou cada fase de qualquer das etapas.

O comportamento adequado indica a existência de um padrão, um referencial a ser atingido ou já definido anteriormente. Significa dizer que nos casos em que se dispõe de informações, estima-se *a priori* o padrão. Já no caso da não existência de dados, simplesmente se estabelece uma meta a ser alcançada *a posteriori*.

Em alguns casos há que se considerar métodos que possibilitem transformar as informações qualitativas em quantitativas, de forma a criar uma referência que possa servir de base em todo o ciclo de vida do produto.

Isto porque, o padrão, dependendo do tipo de mercado, pode ser obtido através de “marketing”, normas técnicas, exigências contratuais ou governamentais em face de leis ambientais ou de histórico de falhas.

O período de uso, normalmente expresso em função do tempo, deve ser analisado a partir da premissa básica de que a falha ocorrerá mais cedo ou mais tarde. Tratam-se de informações que representam a expectativa do mercado em relação à vida útil do item.

O projetista deve focar sua atenção nas soluções relacionadas a métodos para evitar, prevenir ou acomodar as falhas. Deve ainda, se utilizar das técnicas de redundância, de colocação de sensores para antever as falhas e, até, de recomendação de gestão de manutenção. O atributo de mantinabilidade ganha importância quando a confiabilidade é focada sob o ponto de vista dessa categoria.

A condição de operação se refere à adequação do ambiente de uso relativo à variável de projeto inicialmente estabelecida e deve ser rigorosamente definida, dado que o sucesso de um evento pode não se manter, se as premissas anteriormente estabelecidas forem alteradas.

A condição de operação é observada na etapa do ciclo de vida chamada de uso ou operação, sendo relacionada aos aspectos técnicos e humanos. Significa dizer que formação e capacitação dos agentes de operação é condição fundamental para a garantia da confiabilidade.

#### **2.4.2 Análise da Definição**

A análise a seguir, foi citada pelo Professor Márcio Gama<sup>4</sup>, da seguinte maneira:

$$\text{Probabilidade} = \frac{\text{Eventos(favoráveis)}}{\text{Eventos(possíveis)}}$$

O fato de ser definida como uma probabilidade significa que a confiabilidade pode ser expressa quantitativamente, assumindo valores entre “0” (zero) e “1” (um).

A utilização deste conceito probabilístico, na prática, leva à conclusão de que é impossível projetar um equipamento ou dispositivo inteiramente a prova de falhas.

#### **➤ Desempenhar uma Função Requerida**

Significa “fazer o serviço esperado” ou “cumprir uma missão”. A definição de “função requerida” implica em um “patamar de qualidade” ou “patamar mínimo de performance”, abaixo do qual a função não é mais satisfeita.

---

<sup>4</sup> GAMA, Márcio Pinheiro Nogueira da. *Conceitos básicos de manutenção e indicadores de desempenho*. Apostila da Disciplina Planejamento, Programação e Controle de Manutenção. UFES – Centro Tecnológico. Vitória: 2002.

➤ **Sob dadas Condições**

Definição das condições de uso, ou seja, o meio ambiente, as restrições a nível mecânico, químico, físico e etc. O mesmo equipamento colocado dentro de dois contextos diferentes não terá a mesma confiabilidade.

➤ **Durante um dado Intervalo de Tempo**

Definição da duração da missão em unidade de tempo.

#### **2.4.3 Tipos de confiabilidade**

A confiabilidade depende essencialmente da qualidade do projeto, da fabricação e da montagem. Diminui em função dos processos naturais de desgaste, corrosão, fadiga, falhas aleatórias e dos acidentes operacionais ao longo do tempo de funcionamento normal. Portanto, todo equipamento ou componente possui uma “*Confiabilidade Inerente*” ou original, que depende desses fatores. Vide Figura 1.

Ao se iniciar a operação de qualquer item, os mecanismos de avarias vão diminuindo a sua confiabilidade. Então, tem-se uma “*Confiabilidade Operacional*” que normalmente é menor que a confiabilidade inerente (figura 1), e decrescente ao longo do tempo, tendo que ser mantida acima de um patamar mínimo necessário à produção.

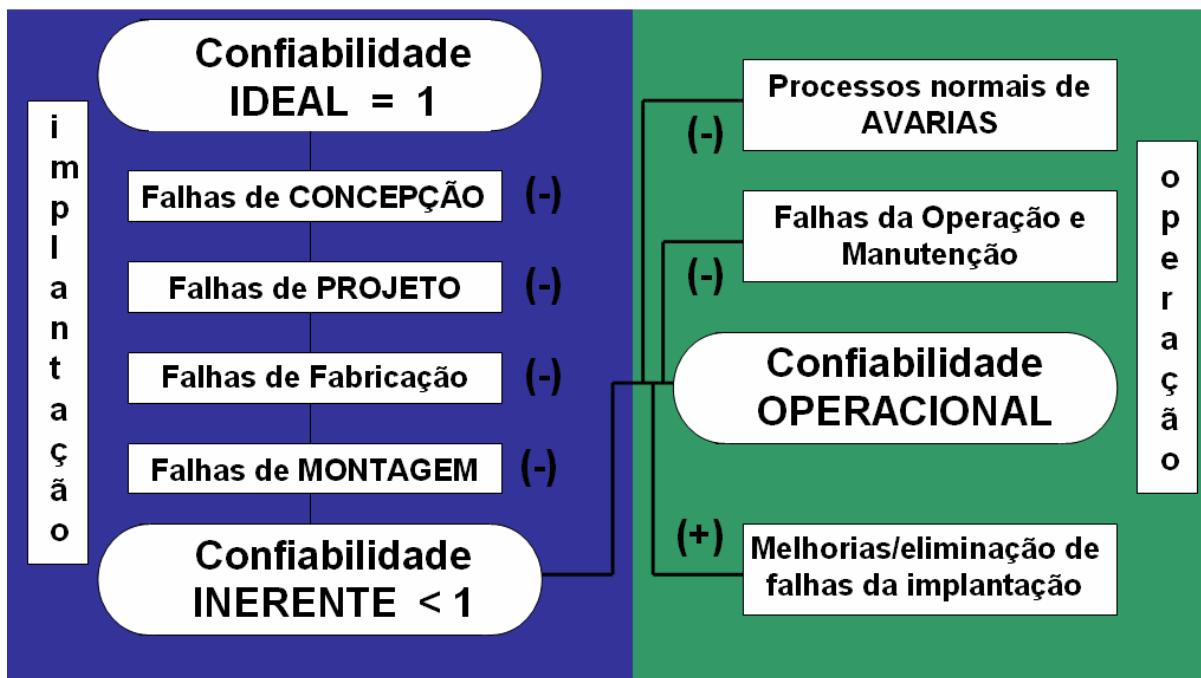


Figura 1 - Confiabilidade Inerente x Confiabilidade Operacional

Fonte: ALMEIDA FILHO [6]

Assim, o objetivo da manutenção, pode ser resumido em manter a confiabilidade operacional dos equipamentos, dentro de um patamar mínimo de performance, necessário à atividade produtiva, conforme ilustra a Figura 2.

Este “patamar mínimo de performance”, pela própria definição de confiabilidade, deve atender, além das condições de funcionamento e disponibilidade, à qualidade do produto, segurança, meio ambiente, custo e a outras condições ligadas às necessidades da empresa.

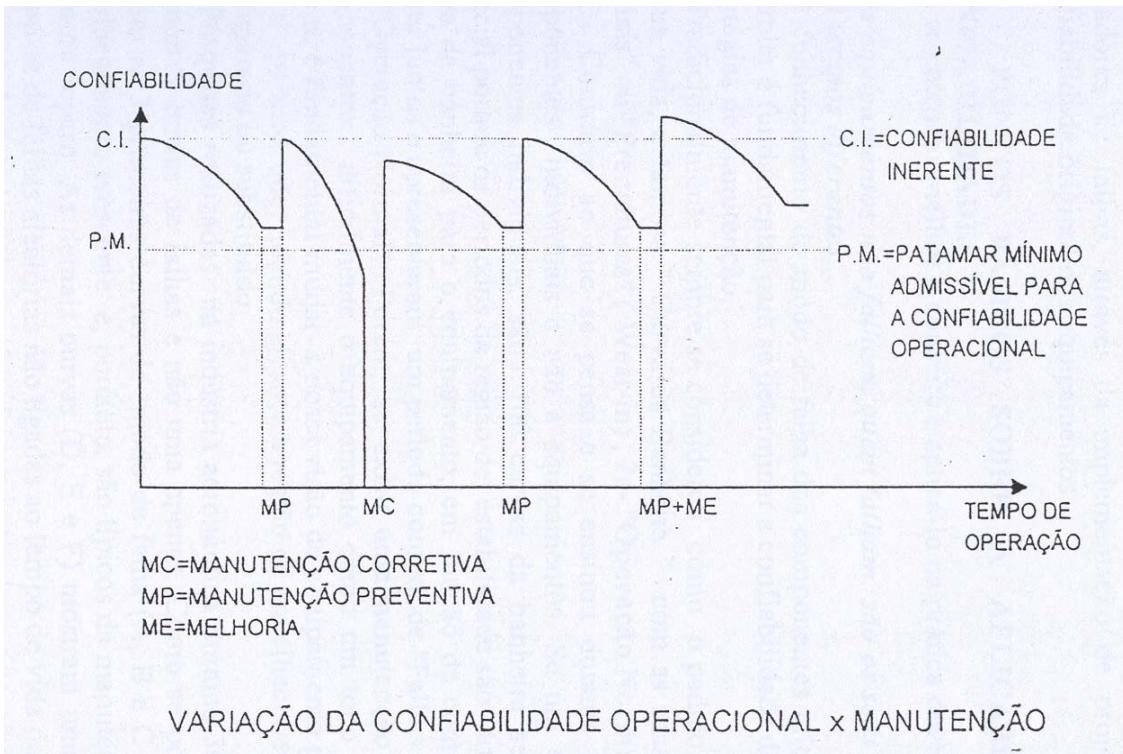


Figura 2 - Variação da Confiabilidade Operacional x Manutenção

Fonte: ALMEIDA FILHO [6]

#### 2.4.4 Pontos Básicos Sobre a Aplicabilidade do Conceito de Confiabilidade

Para melhor compreensão do conceito e a sua consequente aplicação prática, deve-se considerar o seguinte:

- Os equipamentos não falham, mas sim seus componentes, de maneira diferente e em tempos diferentes.
- O conhecimento do modo de falhas dos componentes críticos dos equipamentos que se deseja controlar é fundamental para se determinar a confiabilidade de cada um e principalmente para definir as estratégias de manutenção.

Para determinados equipamentos que operam com uma taxa de falha mais ou menos constante sem um modo de falha predominante as chamadas intervenções programadas além de desnecessárias, na maioria das vezes só contribuem para diminuir a confiabilidade mediante a introdução de problemas devido a erros e deficiências de manutenção, montagem ou instalação.

Para muitos componentes, simplesmente não existem práticas eficazes de manutenção preventiva programada, eis que suas falhas são aleatórias.

Conclui-se que nem todo componente tem uma “*idade certa*”, a partir da qual se torna necessária uma revisão geral para assegurar a confiabilidade operacional do equipamento. No entanto, tem-se uma grande quantidade de falhas relacionadas com o tempo de operação e com os processos de desgaste, corrosão e fadiga existentes.

## 2.5 Disponibilidade

Disponibilidade é a probabilidade de um bom funcionamento de um dispositivo, em certo momento ou durante um determinado intervalo de tempo, podendo ser definida como a probabilidade de operação normal do equipamento.

A disponibilidade depende: da confiabilidade, número de paradas por falhas, manutenabilidade, e da rapidez com que as falhas são corrigidas, liberando o equipamento para operação. Quanto maior a Confiabilidade e a Mantenabilidade de um determinado equipamento, maior será a sua disponibilidade, sendo que tal assertiva pode ser representada da seguinte maneira:

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \textit{função} (\text{CONFIABILIDADE} + \text{MANTENABILIDADE})$$

A disponibilidade de um item, equipamento ou sistema não implica que o mesmo esteja funcionando, mas sim que o mesmo se encontra em condições de funcionar.

### **3 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO**

Para a obtenção do aumento da confiabilidade dos equipamentos instalados nas plantas industriais é imprescindível a utilização de técnicas de análise de falhas. Quando a manutenção, através de seu pessoal ou em grupos multidisciplinares utiliza essas ferramentas, está praticando Engenharia de Manutenção.

**Engenharia de manutenção** - é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida. É deixar de ficar consertando, convivendo com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras.

Normalmente quem está apagando fogo, vivendo de manutenção corretiva não planejada, não terá tempo para fazer engenharia de manutenção. Mas possivelmente terá tempo para continuar apagando fogo e convivendo com péssimos resultados. É necessário mudar, incorporar à preventiva, a preditiva e fazer engenharia de manutenção.

As TENDÊNCIAS atuais, analisadas as empresas que são benchmark, indicam a adoção cada vez maior de técnicas preditivas e a prática da engenharia de manutenção.

“ A Manutenção é uma atividade de importância estratégica nas empresas, pois ela deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados. Entender cada tipo de manutenção e aplicar o mais adequado, corretamente, é fator de otimização da nossa atividade e lucro ou sobrevivência para nossa empresa<sup>5</sup>”.

#### **3.1 Missão da Engenharia De Manutenção**

A missão da Engenharia de Manutenção é promover o progresso técnico da Manutenção, por meio da gestão de ferramentas que proporcionem a sua melhoria de performance.

---

<sup>5</sup> TAVAREZ, Lorival. *Engenharia de Manutenção - Fator de Desenvolvimento Técnico da Manutenção*. Texto técnico publicado 2003

### 3.2 Ferramentas Para Melhoria da Performance

Descrevemos abaixo, de uma maneira global, as ferramentas ou áreas de atuação da Engenharia de Manutenção, como suporte técnico às outras áreas da Manutenção, conforme Figura 3.

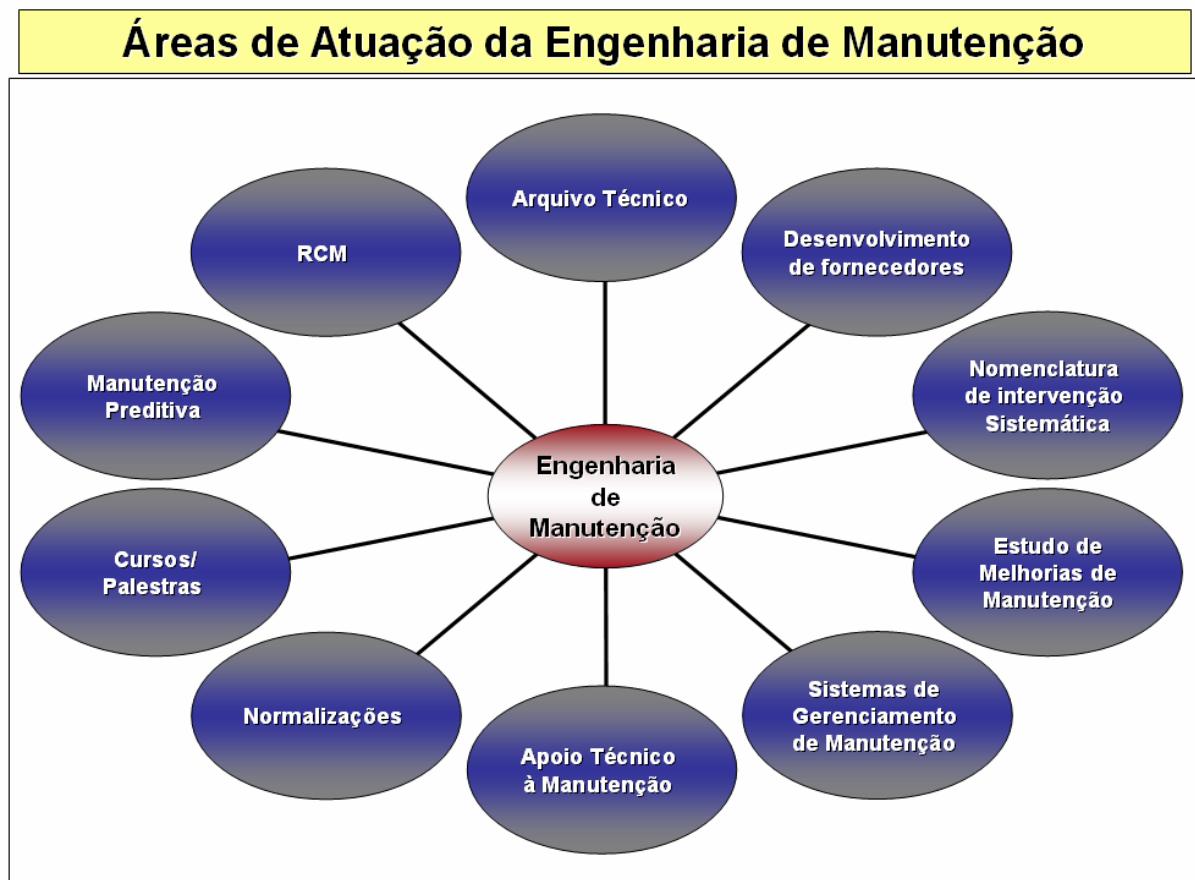


Figura 3 - Áreas de Atuação da Engenharia de Manutenção

#### 3.2.1 Arquivo Técnico

- Desenhos gerais de todas as unidades operacionais (plantas e cortes);
- Desenhos de todos os equipamentos com suas dimensões principais;
- Desenhos de peças de desgaste não padronizadas;
- Especificação técnica dos sobressalentes;
- Procedimentos específicos de manutenção e lubrificação;
- Padrões de operação e de testes;

- Catálogos;
- Outros, de acordo com necessidades específicas.

A atualização sistemática dos catálogos é uma fonte de consulta importante para a especificação adequada do material, de desenvolvimento de fornecedores e materiais.

O arquivo de dados/dossiê do equipamento é uma ferramenta utilizada para o auxílio na intervenção de equipamentos, contendo dados importantes, tais como: especificação técnica, dados de operação, curvas de performance, spare parts lists (peças de manutenção reserva), instruções de operação e manutenção.

### **3.2.2 Desenvolvimento de Fornecedores**

O desenvolvimento de fornecedores de materiais, equipamentos e serviços utilizados na Manutenção, através de ensaios, pesquisas, orientações, especificações, troca de informações com outras Unidades, auditorias de qualidade, beneficia não só a própria empresa, mas visa o desenvolvimento do mercado industrial como um todo.

A nacionalização de peças importadas dos equipamentos também fortalece o mercado nacional e desenvolve fornecedores, com a vantagem da libertação das amarras de importação com todas as suas inconveniências, evasão de divisas do país.

### **3.2.3 Procedimentos de Intervenção Sistemática (PIS)**

A PIS, ou Procedimento de Intervenção Sistemática, é um documento de apoio ao planejamento e a execução de atividades de manutenção. Ela detalha os serviços a executar, os homens/hora previstos por tarefa e por especialidade de execução, materiais e recursos necessários às atividades.

### **3.2.4 Estudos e Melhorias de Manutenção**

Ensaios, estudos e modificações nos equipamentos, visando à melhoria da performance, traz não só benefícios à equipe de manutenção, diminuindo as quebras e as intervenções nos equipamentos, mas também ao processo produtivo, aumentando a disponibilidade do equipamento (inclusive pela redução do tempo da intervenção da manutenção) e o nível de produção, diminuindo custos, reduzindo perdas e refugos de matéria prima e melhorando a qualidade do produto.

A correta identificação dos problemas nos equipamentos, por meio de histórico e levantamento de dados de quebras, refugos e custo, são fundamentais para justificar a modificação no equipamento. Para a aprovação de uma melhoria há a necessidade de um estudo técnico econômico para sua implantação.

### **3.2.5 Sistema de Gerenciamento de Manutenção**

A Engenharia de Manutenção também é responsável pela coordenação e implantação de Sistema de Gerenciamento de Manutenção como cadastramento dos equipamentos e postos, histórico de equipamentos, histórico de falhas, tempos de intervenção, procedimentos de execução de serviços, mão de obra, fornecedores de serviços, materiais, sobressalentes, indicadores, relatórios gerenciais, etc.

### **3.2.6 Apoio Técnico à Manutenção**

Como órgão de staff e consultoria, cabe aos engenheiros e técnicos da Engenharia de Manutenção dar apoio técnico às outras áreas da Manutenção para esclarecimentos de dúvidas, orientações e diretrizes.

### **3.2.7 Normalizações**

Outro papel fundamental da área da Engenharia de Manutenção é a Normalização composta de normas técnicas e procedimentos particulares da empresa. A normalização contempla as diretrizes para a uniformização dos

conceitos, procedimentos e especificações e cria uma linguagem técnica da empresa.

Sem regras pré-definidas, especificações inadequadas, sem saber pedir direito, como garantir que a manutenção dos equipamentos e instalações Industriais esteja sendo feitas com a qualidade desejada? Como dizer aos nossos fornecedores de materiais e serviços e até aos Escritórios de Projetos, que os materiais ou serviços por eles fornecidos não atendem às nossas expectativas/exigências de qualidade, sem definirmos ou dizermos a eles o que nós queremos?

### **3.2.8 Cursos/Palestras**

A Engenharia de Manutenção também é responsável pela formação e atualização técnica da equipe da manutenção. A realização de cursos/palestras de atualização, formação e divulgação de assuntos técnicos tem uma importância fundamental para o desenvolvimento profissional dos integrantes da Manutenção.

### **3.2.9 Manutenção Preditiva**

A utilização das técnicas de Manutenção Preditiva ou Manutenção sob Condição, através do monitoramento das condições das máquinas é hoje, sem dúvida, uma das ferramentas mais poderosas para a busca da melhor performance/melhoria da produtividade da Manutenção. Podemos citar entre as técnicas de Manutenção Preditiva, a análise de vibração, a análise de óleos lubrificantes (viscosidade, pH, visual, umidade e água, filtração, ferrografia, etc.), termografia, as inspeções visuais (check list físico) dos equipamentos, ensaios de correntes parasitas em tubos de trocadores de calor e outros.

### **3.2.10 RCM**

Reliability Centered Maintenance (RCM) ou em português Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é o processo utilizado para a determinação do tipo de metodologia de manutenção mais efetivo para o tratamento de falhas

potenciais. O processo de desenvolvimento do RCM envolve a identificação de ações que quando executadas irão reduzir a probabilidade de falha em um equipamento, bem como seus custos de manutenção.

O processo busca a melhor combinação entre ações baseadas em condições (Condition-Based Actions), ações baseadas em intervalos de tempo ou em ciclos (Time-Based Actions ou Cycle-Based Actions), ou simplesmente ações corretivas (Run-to-Failure approach) - ver os detalhes de cada uma destas estratégias na Figura 4. Estas estratégias de manutenção devem ser aplicadas de forma integrada, afim de que seja possível a otimização da eficiência e dos custos de manutenção do sistema avaliado.

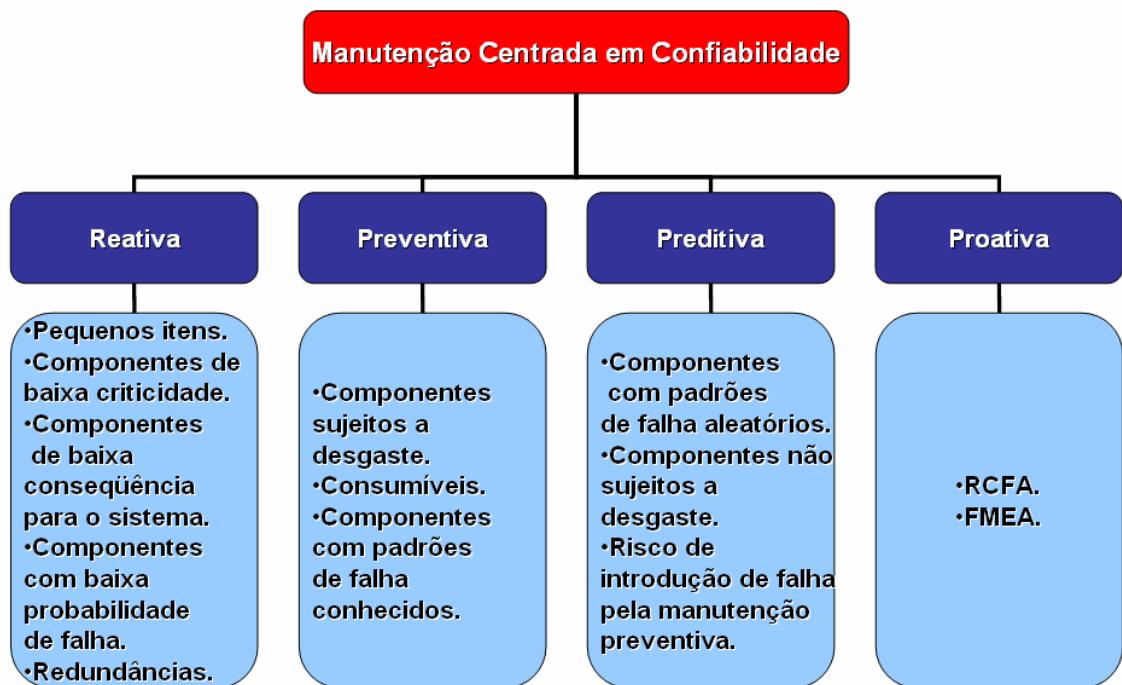


Figura 4 - Componentes de um programa RCM

Fonte: PINTO [7]

Para a obtenção do aumento da confiabilidade dos equipamentos instalados nas plantas industriais é imprescindível a utilização de técnicas de análise de falhas. Quando a manutenção, através de seu pessoal ou em grupos multidisciplinares utiliza essas ferramentas, está praticando Engenharia de Manutenção. Essas técnicas, basicamente, identificam causas ou origens do problema, sugerem uma

ação de bloqueio e solução dos problemas que impactam negativamente a confiabilidade de equipamentos ou instalações.

Dentre as técnicas de análise de falhas merecem destaque:

**FMEA** - Failure Mode and Effect Analysis - Análise do Modo e Efeito da Falha

**RCFA** - Root Cause Failure Analysis - Análise da Causa Raiz da Falha

A Análise de Falha é objeto de estudo desse projeto, logo, apresentaremos no Capítulo seguinte as definições de cada uma dessas técnicas, bem como sua utilização.

### **3.3 Considerações sobre engenharia de manutenção**

A Engenharia de Manutenção exerce um papel fundamental para o progresso técnico da Manutenção.

A procura/pesquisa e a implantação de novas técnicas, a identificação e a solução dos problemas são as principais atribuições da área de Engenharia de Manutenção.

O homem de manutenção sofre diversas pressões das áreas de Fabricação para a solução dos problemas imediatos: "A minha máquina quebrou e estou perdendo produção! Necessito que a Manutenção conserte rapidamente o meu equipamento". É uma frase já comum aos nossos ouvidos.

Normalmente, devido ao corre-corre diário, deixamos de pensar a médio /longo prazo. Porém, temos a certeza de que se fossem resolvidos os problemas crônicos de médio /longo prazo, não estaríamos tão atropelados pelo curto prazo.

A função da Manutenção não é só manter a capacidade operacional dos equipamentos, mas, principalmente, saber detectar problemas e propor soluções para melhoria de performance do equipamento produtivo e da equipe de manutenção. Em certos casos, é muito mais econômico modernizar / corrigir defeitos / introduzir melhorias nos equipamentos ao invés de mantê-los em seu projeto original.

Devemos ter a consciência de que não somos simples consertadores de máquinas, mas sim elementos impulsionares de produtividade e melhorias dentro do contexto industrial.

## 4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE FALHA

### 4.1 Introdução a Análise de Falha

Indústrias de processo utilizam muitas máquinas e equipamentos. Essas máquinas e equipamentos são fundamentais para o desenrolar dos acontecimentos que culminam com uma produção bem-sucedida.

Falhas dessas instalações podem ter as mais variáveis consequências. Em alguns casos, o prejuízo resultante não passa do custo de manutenção do equipamento, em outros pode chegar a comprometer a lucratividade da empresa devido a perdas de produção, acidentes e agressões ambientais.

A manutenção puramente corretiva não é mais suficiente no atual mercado competitivo, sendo necessário um grande e continuado esforço para aumento da confiabilidade e redução dos custos de manutenção de todos os equipamentos.

Um sistema moderno de gerenciamento dos equipamentos de uma indústria deve conter elementos que permitam a otimização do resultado global da indústria. Isto compreende a otimização de projetos e especificações de compra, testes de recebimento, padrões de armazenamento e instalações e procedimentos de operação e manutenção.

A situação mais comum para os especialistas em manutenção e confiabilidade de máquinas é ter que lidar com problemas de instalações existentes.

Como vimos anteriormente a Análise de Falha pode ser feito baseada em dois métodos:

**FMEA** - Failure Mode and Effect Analysis - Análise do Modo e Efeito da Falha

**RCFA** - Root Cause Failure Analysis - Análise da Causa Raiz da Falha

Ambos os métodos seguem um fluxo estruturado de análise da confiabilização das funções do sistema, como mostra Figura 5.

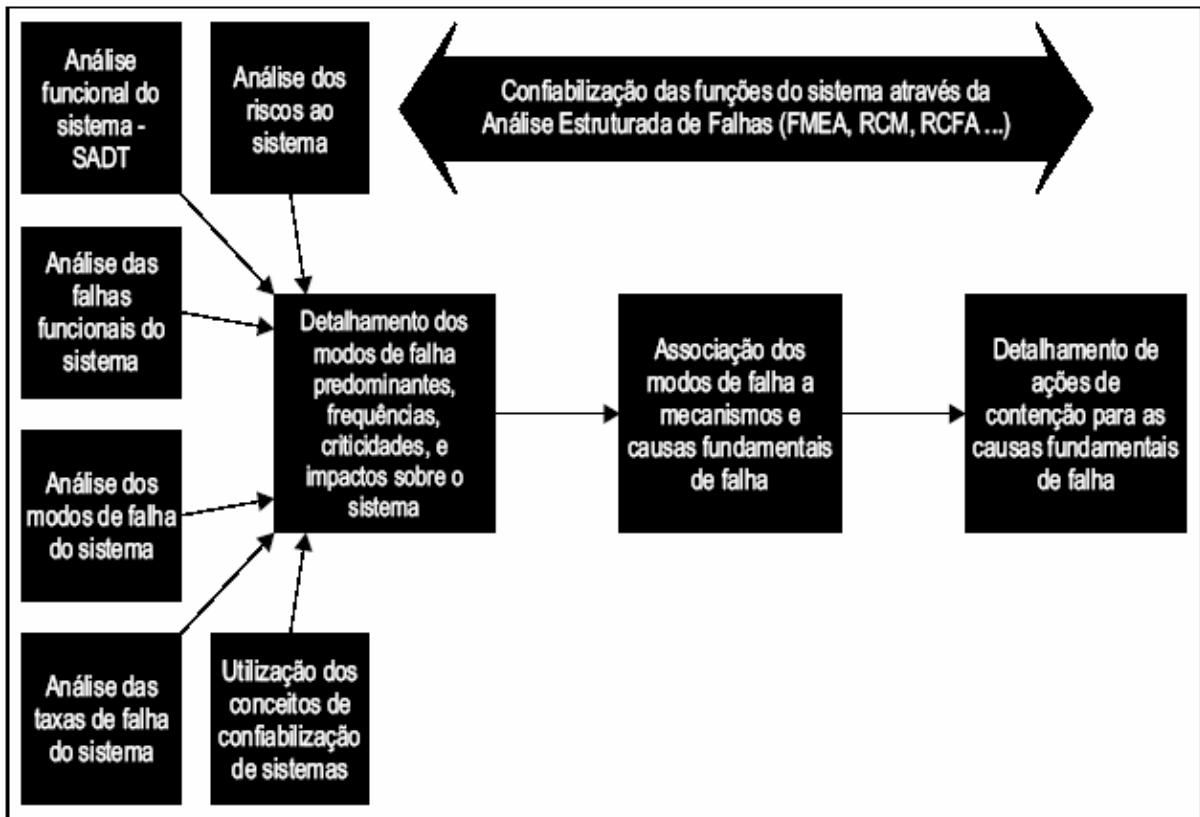


Figura 5 - Fluxograma da Análise Estruturada da Falha

Fonte: PINTO [5]

Nesse estudo abordaremos a metodologia RCFA - Análise da Causa Raiz da Falha, pois conforme pesquisas realizadas nas principais empresas que realizam Análise de Falha verificamos que essa metodologia tem fornecido resultados satisfatórios no que diz respeito a investigar causas de falhas já ocorridas e na proposição de ações de bloqueio que visem eliminar essas causas. Verificamos também que a outras metodologia, FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha tem sido bastante utilizadas na indústria, só que com um enfoque diferente, ela é utilizadas para identificar modos e efeitos de falhas antes que eles aconteçam, e assim propor metodologia de manutenção mais efetiva para o tratamento de falhas potenciais.

FMEA é a metodologia de base da análise RCM. No decorrer da análise, a metodologia FMEA identifica cada função do sistema e suas falhas associadas. Em um nível mais aprofundado, identifica os modos de falha associados a cada uma destas falhas, examinando quais as consequências sobre o sistema.

Uma peculiaridade bastante relevante ao nível de sistema e que é geralmente observada na prática é a ampla possibilidade de existência de modos de falha múltiplos associados a uma mesma falha.

## 4.2 Definições

Segundo a norma *ABNT NBR 5462 “Confiabilidade e Mantenabilidade”*, de Novembro de 1994, que reúne a terminologia básica sobre o assunto, temos as seguintes definições que utilizaremos nessa parte do projeto:

**Evento** - qualquer ocorrência em tempo real (p.e. a quebra de uma tubulação, a falha de uma válvula, uma perda de potência, etc.) que tenha impacto sobre o desempenho do sistema avaliado.

**Condição** - qualquer estado que possa gerar impacto sobre o desempenho do sistema.

**Causa** - uma condição particular que resulta na ocorrência do evento.

**Causa direta** - a causa que diretamente faz com que ocorra o evento.

**Causa contributiva** - uma causa que isoladamente não resulta na ocorrência do evento, porém somada a outras causas contributivas ou diretas pode ampliar a potencialidade de ocorrência do mesmo.

**Causa fundamental** - a causa que, acaso corrigida/eliminada, preveniria a recorrência do evento.

**Função padrão** - tarefa executada pelo equipamento com base num padrão de desempenho;

**Falha funcional** - incapacidade do equipamento de executar a tarefa conforme o padrão de desempenho estabelecido;

**Modo de falha** - é o evento que provoca a ocorrência da falha funcional.

**Falha** - término da capacidade de um “item” desempenhar a função requerida.

## 4.3 Objetivo da Análise de Falha

A análise de Falha surge com a finalidade de evitar, quando não , minimizar as falhas aumentando a confiabilidade dos equipamentos e reduzindo os custos de manutenção.

Isso é feito, através de um exame lógico e sistemático da falha afim de procurar as causas fundamentais da falha e tratá-las através de ações consistentes de manutenção/operação.

Para isso, a Análise de falha deve:

- ✓ Encontrar a causa fundamental da falha;
- ✓ Planejar ações que visem eliminar ou minimizar a causa;
- ✓ Atuação junto à área responsável pelo equipamento;
- ✓ Acompanhar a performance do equipamento;
- ✓ “Gerar um Procedimento operacional”.

#### **4.4 Análise da Causa Raiz da Falha - RCFA**

Diz-se que um componente de um equipamento falhou quando ele não é mais capaz de executar sua função com segurança. O conceito de falha só é aplicável se o defeito ocorrer dentro do período de vida útil do componente. Esta vida útil deve ser definida como critérios de projeto e associada a um modo de falha específico. Então, dizemos que o modo de falha de rolamentos que caracteriza o fim da vida útil é fadiga superficial, e dos selos mecânicos é o desgaste da região da sede destinada a este fim e assim por diante. Defeitos oriundos de outros modos devem sempre ser tratados como anormalidades.

Alguns componentes são projetados para ter vida útil indefinida como, por exemplo, eixos, parafusos, sendo um defeito de um deles sempre uma falha.

A análise desta falha deve determinar que os fatores que impedira de que todas as fases da vida do equipamento fossem cumpridas com sucesso, obtendo explicação para os eventos passados até um ponto em que seja possível tomar uma medida que bloqueará a repetição do problema. Esses eventos passados, que se constituem nas causas primeiras dos defeitos, são chamados de causas básicas, ou causas raízes, em contraposição às causas imediatas, que são somente os eventos com um nexo causal imediato à falha.

## **4.5 Sistemática de funcionamento da Análise de Falha - RCFA**

A razão básica para a investigação e o registro de ocorrências de falha é a de permitir a identificação de ações corretivas adequadas e eficientes à prevenção da recorrência.

Todos os processos de análise de causas fundamentais devem estar apoiados no cumprimento de 8 etapas denominadas:

- Identificar e Priorizar Problemas;
- Coleta de Dados;
- Avaliação;
- Busca da Causa Raiz;
- Planejamento das Ações de Contenção;
- Implementação, acompanhamento das ações e correção de desvios;
- Documentação;
- Padronização.

O correto gerenciamento dos recursos a serem alocados durante cada uma das fases acima citadas é fundamental ao sucesso da análise e do pós-gerenciamento.

Podemos observar que o ciclo de funcionamento dessa sistemática obedece ao ciclo de funcionamento do PDCA (Plan, Do, Check and Action – Planejar, Executar, Checar e Agir). Todo gerenciamento do processo consta em estabelecer a manutenção nas melhorias dos padrões montados na organização, que servem como referências para o seu gerenciamento. Introduzir o gerenciamento do processo significa implementar o gerenciamento cíclico via PDCA.

O ciclo PDCA, foi desenvolvido por Walter A. Shewhart na década de 20, mas começou a ser conhecido como ciclo de Deming em 1950, por ter sido amplamente difundido por este. É uma técnica simples que visa o controle do processo, podendo ser usado de forma contínua para o gerenciamento das atividades de uma organização. É um método que visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização. É um eficiente modo de apresentar uma melhoria no processo. Padroniza as informações do controle da qualidade, evita erros lógicos nas análises, e torna as informações mais fáceis de entender. Pode

também ser usado para facilitar a transição para o estilo de administração direcionada para melhoria contínua. Este ciclo está composto em quatro fases básicas: Planejar, Executar, Verificar e Atuar corretivamente. Segundo Deming, é implementada em seis etapas, conforme mostrado na Figura 6 abaixo:

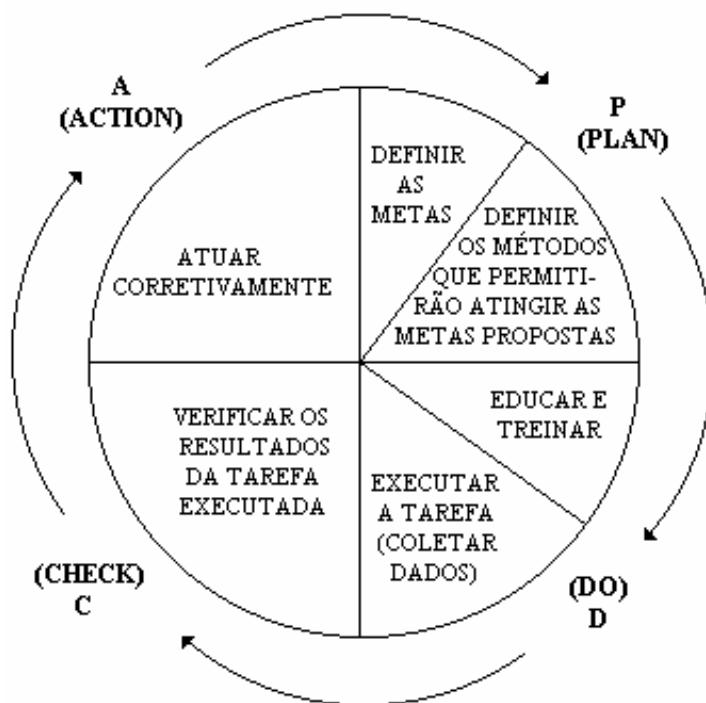


Figura 6 - Sistemática de funcionamento do PDCA.

Fonte: DEMING [8]

### **Passo 1: TRAÇAR UM PLANO (PLAN)**

Este passo é estabelecido com bases nas diretrizes da empresa. Quando traçamos um plano, temos três pontos importantes para considerar:

- a- Estabelecer os objetivos, sobre os itens de controles
- b- Estabelecer o caminho para atingi-los.
- c- Decidir quais os métodos a serem usados para consegui-los.

Após definidas estas metas e os objetivos, deve-se estabelecer uma metodologia adequada para atingir os resultados

## **Passo 2: EXECUTAR O PLANO (DO)**

Neste passo pode ser abordado em três pontos importantes:

- a- Treinar no trabalho o método a ser empregado.
- b- Executar o método.
- c- Coletar os dados para verificação do processo.

Neste passo devem ser executadas as tarefas exatamente como estão previstas nos planos.

## **Passo 3. VERIFICAR OS RESULTADOS (CHECK)**

Neste passo verificamos o processo e avaliamos os resultados obtidos:

- a- Verificar se o trabalho está sendo realizado de acordo com o padrão.
- b- Verificar se os valores medidos variaram, e comparar os resultados com o padrão.
- c- Verificar se os itens de controle correspondem com os valores dos objetivos.

## **Passo 4: FAZER AÇÕES CORRETIVAMENTE (ACT)**

Tomar ações baseadas nos resultados apresentados no passo 3.

- a- Se o trabalho desviar do padrão, tomar ações para corrigir estes.
- b- Se um resultado estiver fora do padrão, investigar as causas e tomar ações para prevenir e corrigi-lo.
- c- Melhorar o sistema de trabalho e o método.

Aplicado na tentativa de implementar melhorias em processos, o ciclo PDCA pode tomar a seguinte forma:

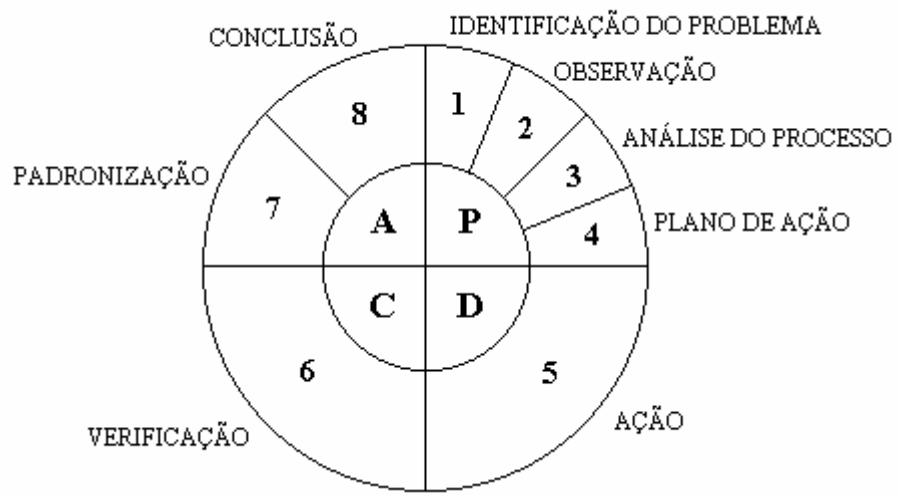


Figura 7 – PDCA na implantação de melhorias

Fonte: DEMING [8]

No que diz respeito ao processo de análise de falhas, segundo a sistemática de funcionamento escolhida para este trabalho, o ciclo PDCA passa a ter a forma conforme a Figura 8.

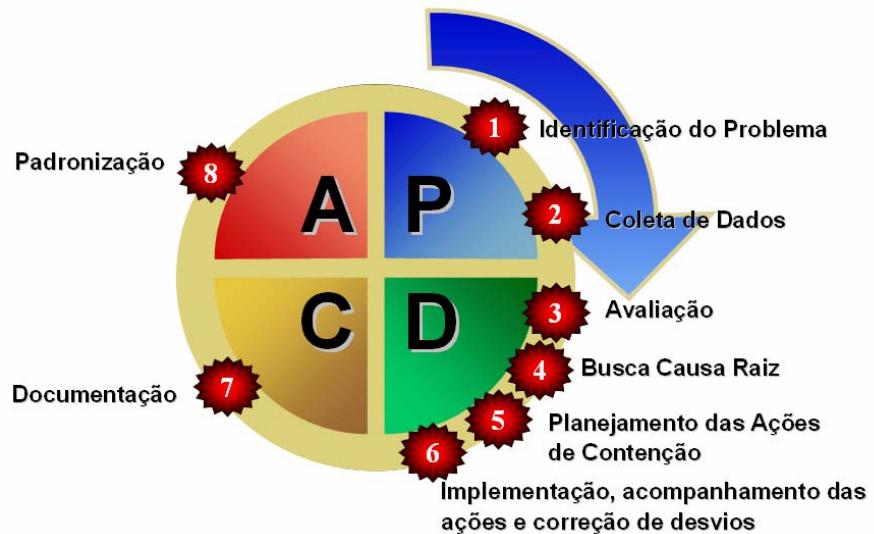


Figura 8 - Sistemática de funcionamento da RCFA segundo a lógica do PDCA

Fonte: adaptado de DIRCEU [9]

#### **4.5.1 Identificar e Priorizar Problemas**

Essa etapa consiste em estabelecer critérios que determinem o motivo pelo qual a falha deve ser analisada e ainda determinar qual das falhas a serem analisadas é a mais crítica.

O critério utilizado para se determinar se uma falha deve ou não sofrer Análise de falha varia de empresa para empresa, pois depende exclusivamente das características do processo produtivo.

Os critérios mais utilizados pelas empresas que utilizam essa metodologia são:

- Custo de Manutenção
- PTP (Perda teórica de produção)
- Tempo total de reparo
- MTBF
- Criticidade do Equipamento
- Retrabalho
- Número de reincidências no mesmo mês
- Pedido da Gerência ou Supervisão

Dependendo da empresa esses critérios podem aparecer sozinhos ou como combinação de dois ou mais deles.

Caso haja mais de uma análise para ser realizada, a ordem de prioridade, também fica a critério da empresa sendo geralmente utilizada à seguinte lógica;

- ✓ Executar análise nos equipamentos de maior criticidade;
- ✓ Executar análise nos equipamentos que causaram maior perda de produção;
- ✓ Executar análise nos equipamentos que demandaram maior custo de manutenção;
- ✓ Outros;

Observado que a Análise com o critério “Pedido da Gerência ou Supervisão” será realizada de acordo com a importância que a gerência releva a essa análise.

#### **4.5.2 Coleta e Dados**

Nesta etapa é fundamental que seja feita uma análise retrospectiva de todos os eventos e condições observadas durante a ocorrência do problema. Isto permite que a análise posterior possa retratar com a maior fidelidade possível todos os detalhes observados.

Todos os esforços devem ser feitos para a conservação de evidências físicas dos fatos e uma vez coletados os dados, estes devem estar disponíveis de forma clara e se possível em ordem cronológica para todos os envolvidos na análise.

Dados importantes a serem coletados são:

- 1) Atividades relacionadas com a ocorrência.
- 2) O evento que iniciou o desencadeamento do problema.
- 3) Equipamentos, softwares e outros recursos associados com a ocorrência.
- 4) Modificações em procedimentos, formações, etc.
- 5) Circunstâncias físicas que possam estar associadas ao problema.

#### **4.5.3 Avaliação**

A etapa de avaliação compreende entender o que de fato ocorreu e identificar os fatores que possivelmente causaram a falha organizá-los segundo categorias pré-definidas de modo a facilitar o raciocínio na análise desses.

As categorias associadas a fatores causais mais observadas na prática são:

- ✓ Equipamentos;
- ✓ Materiais;
- ✓ Procedimentos ou Métodos;
- ✓ Projeto;
- ✓ Capacitação;
- ✓ Gerenciamento.

Estas categorias foram cuidadosamente selecionadas a partir de estatísticas de eventos, de modo a minimizar dispersões nas análises e padronizar o direcionamento das ações de contenção.

Para desenvolvimento dessa etapa utilizaremos as seguintes ferramentas:

- Reunião de Brainstorming;
- Diagrama de Ishikawa;

Essas ferramentas funcionam da seguinte maneira:

**Reunião de Brainstorming** – Também conhecida como “Tempestade de Idéias”, consiste em uma reunião onde os participantes analisam o registro inicial da Análise da Falha e sugerem possíveis causas para a falha em questão.

**Diagrama de Ishikawa** - Conhecido também como diagrama de causa e efeito, Espinha de Peixe, 6M, 7M ou 8M que permite estruturar hierarquicamente as causas de determinado problema, apresentar as informações levantadas no “brainstorming” de forma sumarizada, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e auxiliar na determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas por meio do plano de ação.

Segundo o diagrama de Ishikawa formal as causas de um problema ou falha, podem ser agrupadas, a partir do conceito dos “6M”, que organiza as causas de falha segundo 6 categorias: Materiais, Métodos, Mão-de-obra, Máquinas, Meio ambiente, Medidas. Vide Figura 9.



Figura 9 - Diagrama de Ishikawa usando 6M

Fonte: DEMING [8]

As outras categorias que podem ser utilizadas são Mensagem e Money.

Esta ferramenta também pode ser organizada por categorias utilizando palavras chaves específicas para o assunto em estudo.

Para uma melhor adequação do Diagrama de Ishikawa aos problemas encontrados nas indústrias, apresentaremos a estrutura do diagrama de Ishikawa possibilitando a exposição das idéias segundo os fatores causais mais observadas na prática. São eles:

- **Equipamentos:** agrupam as causas ligadas à condição dos componentes do equipamento ou sistema em questão.
- **Materiais:** agrupam as causas ligadas às falhas no material utilizado nos componentes ou na estrutura do equipamento.
- **Procedimentos ou Métodos:** agrupam causas provenientes de problemas no cumprimento de ações de manutenção e operação, bem como inexistência ou inadequação de normas, planos, procedimentos ou métodos.
- **Projeto:** agrupar causas ligadas às falhas de projeto, ou de especificação errada, ou não seguida de algum componente ou peça.
- **Gerenciamento:** agrupar causas ligadas a alterações previstas ou não do processo e ainda problemas causados por erros na alocação de recursos.
- **Capacitação:** agrupar causas relacionadas à falta de preparo das pessoas envolvidas com o processo.

A Análise de Ishikawa tem ainda o objetivo de filtrar as causas prováveis para eliminar (através da verificação de alguns parâmetros) aquelas que certamente não são responsáveis pela falha que está sendo analisada. Passando para a próxima etapa somente as causas fundamentais de falha, que são aquelas que tem realmente potencial para ter causado a falha.

Devemos observar ainda que em algumas situações a causa fundamental da falha é única ou pode ser identificada ainda na etapa de Coleta de Dados, tornando assim essa etapa desnecessária o que permite a passagem direta para a próxima etapa.

#### **4.5.4 Busca da Causa Raiz**

Essa etapa consiste em analisar as causas fundamentais, sejam elas vindas da etapa de Avaliação ou da etapa de Coleta de Dados, e identificar para cada uma delas a causa raiz da falha. Permitindo assim a criação de ações de bloqueio que eliminem a verdadeira origem da falha.

Dentro dessa etapa é necessária ainda realizar a escolha da ferramenta de análise das causas fundamentais relacionadas a ocorrências. Dentre os diversos tipos de análise disponíveis, duas das mais utilizadas são:

- Análise dos 5 Porquês;
- Análise de Eventos e Fatores Causais.

A orientação desta etapa será feita sobre a primeira ferramenta em razão da facilidade de utilização e praticidade com que se identifica a causa Raiz da falha.

Mesmo assim apresentaremos as duas de forma sucinta e objetiva.

#### **Análise 5 Porquês**

Após Confirmação das causas fundamentais na etapa de Avaliação ou na etapa de Coleta de Dados, podemos utilizar os 05 Porquês, para identificar as causas raízes que levaram a ocorrência da falha.

Esse Processo criado na década de 50 pela Toyota consiste em perguntar 5 ou 6 vezes qual a causa do problema, o campo de cada “Por que” deve ser registrada a informação que explica a anterior. Provavelmente, a causa básica do problema será próxima da 5° ou 6° resposta, sendo possível definir uma ação corretiva, fazer modificações necessárias e monitorar resultados. Ver figura 10.

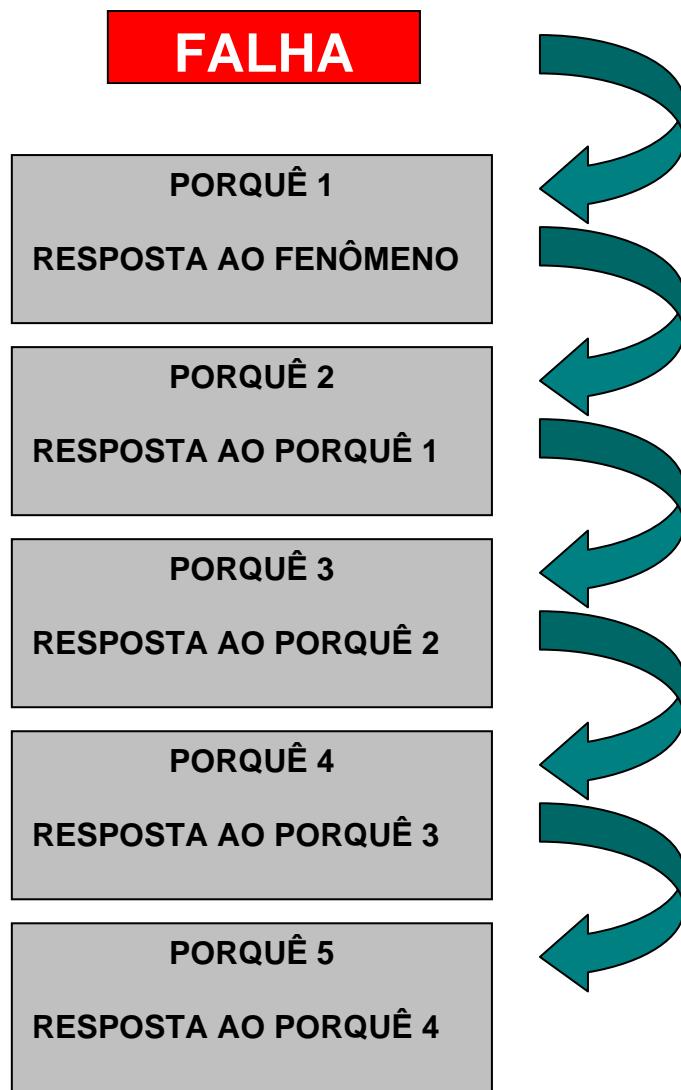


Figura 10 - Fluxo de Funcionamento dos 5 Porquês

### Análise de Eventos e Fatores Causais

Esta ferramenta é empregada normalmente na análise de problemas extensos, de causas complexas e que desencadeiam eventos em série. Consiste da ordenação dos eventos sucessivos observados durante a cronologia do problema (ver forma de representação de eventos e condições na Figura 11) e da associação a estes eventos das condições momentâneas, diretamente originárias e/ou contributivas para sua existência.

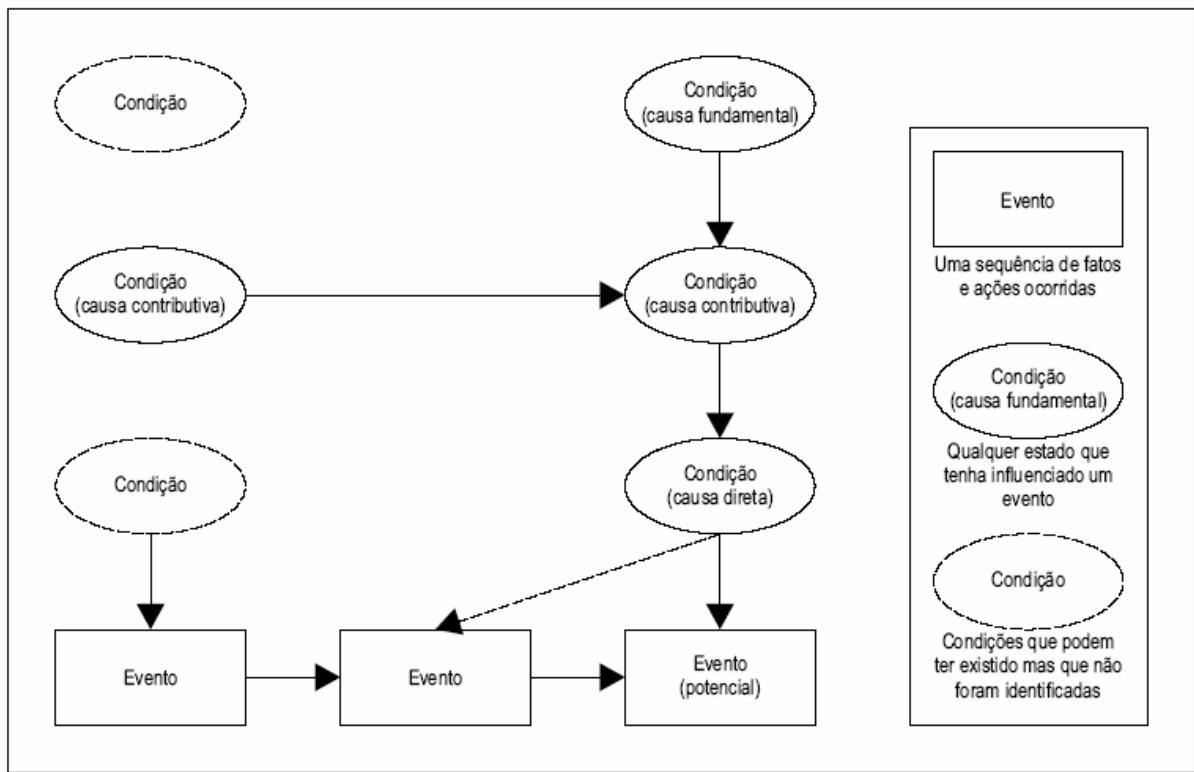


Figura 11 - Diagrama de Eventos e Fatores Causais

Fonte: PINTO [7]

Para a diagramação considera-se a hierarquização das causas segundo as classificações: direta, contributiva ou fundamental. As causas diretas estão no nível mais próximo do evento, unidos através de uma linha de associação (cheia). As causas contributivas devem estar ligadas as causas diretas e por último as causas fundamentais (normalmente destacadas).

Condições que possam ter contribuído para o evento, mas que, porém não foram comprovadas durante a fase de investigação da ocorrência, podem estar representadas, porém sem linhas de associação ao evento correspondente (contorno tracejado).

Esta forma de diagramação é uma representação gráfica dos eventos e condições conhecidas, provendo uma forma de organização dos dados, uma summarização do processo de análise e uma mostra detalhada da seqüência de fatos condições e atividades que originaram a ocorrência.

#### **4.5.5 Planejamento das Ações de Contenção**

O Planejamento das ações de contenção das causas raízes permite a visualização de possibilidades de implantação de ações corretivas sobre os processos analisados, fator este que normalmente leva a melhoria de confiabilidade, segurança e em algumas situações, performance do sistema.

Algumas questões relevantes a serem respondidas durante o desenvolvimento desta etapa são:

- As ações detalhadas são eficientes contra a recorrência do problema?
- As ações detalhadas são factíveis?
- As ações detalhadas permitem ao sistema cumprir sua funcionalidade?
- Existe a possibilidade de introdução de novos riscos ao sistema por meio da implementação destas ações?
- As ações são imediatamente apropriadas e efetivas?

O sucesso desta fase envolve gerenciamento, planejamento e responsabilidade das pessoas alocadas na execução das ações.

#### **4.5.6 Implementação, acompanhamento das ações e correção de desvios.**

A implantação das ações de contenção, como própria definição diz, consiste em aplicar na prática as ações de contenção proposta para eliminar cada causa raiz.

O acompanhamento das ações de contenção é uma prática importante para a finalização do processo de análise das causas raízes, pois introduz a possibilidade de correção de eventuais fatores que não estejam gerando o efeito desejado sobre o sistema.

#### **4.5.7 Documentação**

Esta etapa compreende a documentação e divulgação de relatórios, procedimentos e práticas geradas no decorrer da análise.

Não necessariamente existe um padrão para esta divulgação, embora julgue-se adequado que sejam disponibilizadas aos envolvidos na resolução do problema o maior número de informações possível sobre o evento, fator este que torna evidente o motivo das ações tomadas, potencializando inclusive o cumprimento das mesmas.

#### **4.5.8 Padronização**

Essa etapa consiste em destacar todas as ações que, após a implantadas no equipamento analisado e documentadas, deverão ser padronizadas através de Procedimentos de Manutenção, Operação ou Desenhos, a fim de possibilitar a implementação dessas ações em equipamento da mesma classe grupo ou família de equipamento ou ainda em equipamentos que possuam o mesmo modo de falha que o equipamento em questão.

## 5 ESTUDO DE CASO: EMPRESA DE REFRIGERANTE

### 5.1 A Empresa

A Empresa de Refrigerante alvo desse Estudo de Caso, é hoje, uma das maiores fabricantes brasileiras de refrigerantes nos estados onde atua: Rio de Janeiro e Espírito Santo. São quase 15 milhões de consumidores, mais de R\$ 450 milhões em geração de impostos, 75 mil clientes, mais de 2 mil colaboradores diretos e 2,5 mil fornecedores e prestadores de serviço.

A Empresa opera atualmente com duas unidades fabris: no Rio de Janeiro, e no Espírito Santo. A capacidade instalada de produção anual destas duas plantas industriais hoje é maior que 1 bilhão de litros de refrigerantes.

### 5.2 O Setor de Manutenção

O setor de manutenção é responsável pelo gerenciamento dos ativos da empresa e respondendo pela integridade e performance dos mesmos. O setor conta hoje com o organograma apresentado na Figura 12.

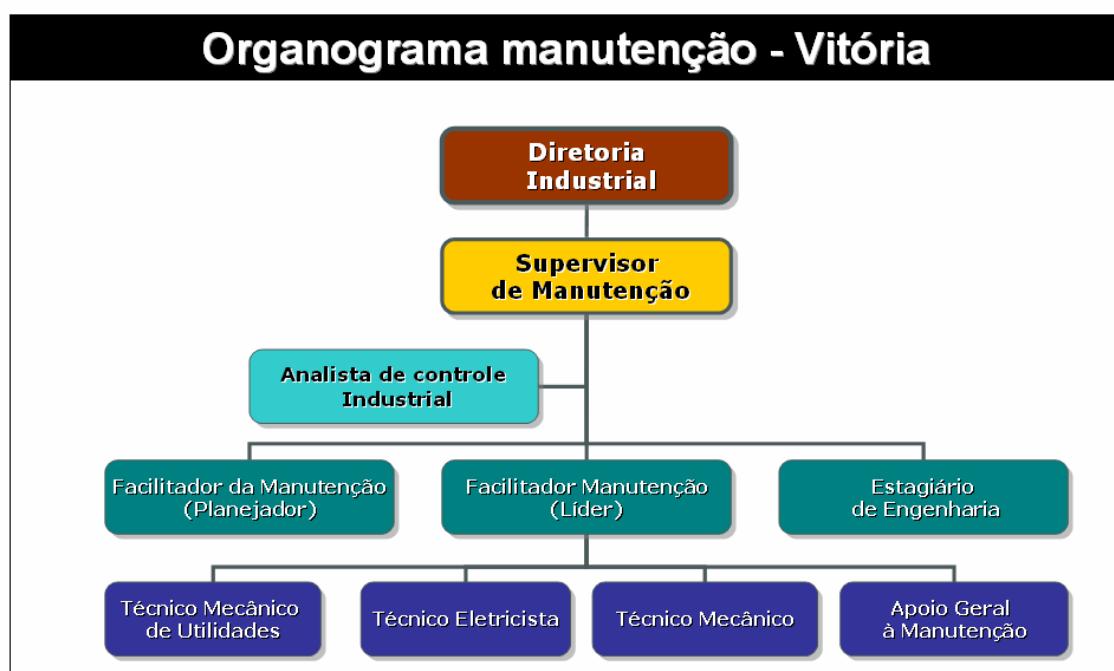


Figura 12 - Organograma da Manutenção

Fonte: Procedimento da Empresa

### **5.3 Problema Proposto**

Em reunião feita juntamente com a gerência de manutenção da empresa e foram apresentados os problemas e inconvenientes gerados com a metodologia até então utilizada, conforme listado abaixo (vide Figura 13):

1- O programa de Análise de Falhas existente não fornece uma padronização para o fluxo de informações que subsidiasse uma ação de bloqueio eficiente para a falha em questão, evidenciando a causa fundamental da mesma;

2 - Pessoal em número reduzido para atuação no processo de Análise de Falha, evidenciando a necessidade de o processo garantir o mínimo “gasto de energia” em tarefas que não estavam relacionadas com a causa fundamental da falha, e de mesmo modo, não levantar possíveis causas que não a fundamental;

3 - Não havia, dentre os mantenedores, um conhecimento satisfatório do processo de análise de falhas e da sua importância para o processo de manutenção, fazendo com que qualquer ação a ser difundida dentre os mesmos corra o risco de cair em descrédito caso não haja uma atitude no sentido da conscientização dos mesmos quanto ao fato citado;

4 - Não há, dentre os colaboradores conhecimento e capacitação suficiente para o preenchimento do formulário de Análise de Falha segundo modelo utilizado na empresa;

5 - Não há histórico suficiente disponível das falhas anteriores no que diz respeito aos componentes dos equipamentos, bem como um tagueamento satisfatório, a fim de criar uma rastreabilidade de falhas (em histórico) que possa auxiliar em futuras análises;

6 - Os parâmetros utilizados como critérios de execução de uma análise de falhas nem sempre davam resultados satisfatórios, e o processo de análise nem sempre chegava à causa fundamental, pois todas as possíveis causas eram alvo de desenvolvimento de ações de bloqueio, mesmo para aquelas que não se caracterizavam com causa fundamental da falha (gastando energia, tempo e recursos desnecessários);

7 - Não havia uma ferramenta para o monitoramento das falhas ocorrentes na empresa, para que houvesse a possibilidade de detectar correspondência entre

falhas de equipamentos semelhantes, equipamentos de uma mesma área, etc. (a falha era tratada de uma maneira pontual apenas, não havendo uma metodologia sistêmica para o seu tratamento).



Figura 13 - Relação dos Problemas Propostos

#### 5.4 Solução Proposta

.1 - Utilizar a ferramenta Diagrama de Ishikawa, para organizar as possíveis causas levantadas em uma reunião de Brainstorming com o objetivo de fornecer uma padronização para o fluxo de informações, visando atacar os problemas 1 e 2 do item 5.3;

.2 - Metodologia de registro mais adequada às necessidades da empresa e uma forma de tratamento das possíveis falhas levantadas na reunião de Brainstorming, conforme diagrama de Ishikawa com a utilização dos filtros inseridos no formulário da análise (MTV – Medir, Testar e Verificar), visando atacar os problemas 2 e 5 do item 5.3;

.3 - Desenvolvimento de treinamentos com o preenchimento de algumas análises em conjunto com os mantenedores e demais colaboradores envolvidos no

processo, expondo a importância da ferramenta e do seu correto preenchimento, visando atacar os problemas 3 e 4 do item 5.3;

.4 - Desenvolvimento do mapa de controle de Análise de Falhas contendo as análises registradas e o status correspondente ao plano de ação gerado para bloqueio da causa fundamental de cada falha. Vale salientar que tal proposta seria consideravelmente otimizada com a utilização de um banco de dados para o registro efetivo das análises, visando atacar os problemas 5 e 7 do item 5.3;

.5 - Foram estabelecidos critérios pertinentes à realidade do processo de manutenção na empresa e inseridos no campo do formulário de Análise de Falhas, que serão expostos posteriormente, a fim de atacar o problema 6 do item 5.3.

A figura 14, mostrada abaixo, mostra esquematicamente os problemas propostos e as ferramentas utilizadas no equacionamento de cada.

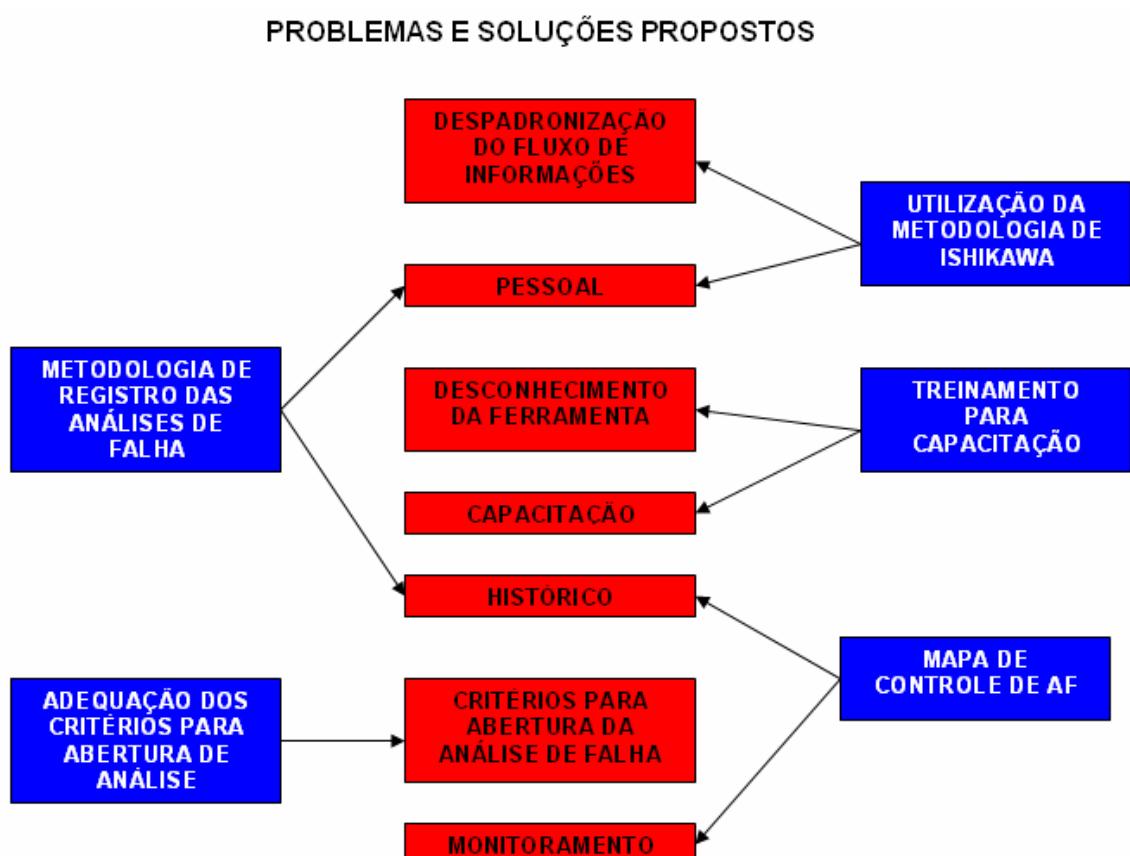


Figura 14 - Ferramentas utilizadas para eliminação dos Problemas

## **5.5 Adequação da ferramenta Análise de Falha à Sistemática da Empresa**

Como vimos anteriormente, a metodologia de Análise de Falha – RCFA atenderá de maneira satisfatória às necessidades propostas pela empresa.

Para adequarmos a ferramenta Análise de Falha – RCFA à sistemática da empresa, precisamos definir alguns parâmetros:

- ✓ Critério para Execução da Análise de Falha;
- ✓ Formulários de registro e Análise de Falha;
- ✓ Procedimento para preenchimento da Análise de Falha;

### **5.5.1 Critério para Execução da Análise de Falha**

Em reuniões realizadas junto a gerência da empresa foi definido que o Registro de Análise de Falha deverá ser realizada quando um dos requisitos abaixo for atendido:

- ✓ Tempo Parada maior que 60 minutos para equipamentos críticos;
- ✓ Tempo Parada maior que 120 minutos para outros equipamentos;
- ✓ Somatória do tempo de recorrência no mês maior que 60 minutos para equipamentos críticos;
- ✓ Somatória do tempo de recorrência no mês maior que 120 minutos para outros equipamentos;
- ✓ Quando houver retrabalho de um serviço da manutenção;
- ✓ Quando houver risco de acidente;

Foi também determinado que a gerência poderá requisitar o registro e a análise de falha de qualquer equipamento, se a mesma julgar necessário, mesmo que os requisitos descritos acima não forem atendidos.

Como a sistemática só está sendo implantada agora, há uma quantidade muito grande de análises a serem realizadas, de acordo com a ordem proposta pela

sistemática e um consenso com a gerência da empresa ficou definida a seguinte ordem de prioridade:

- 1º. Executar análise nos equipamentos críticos, obedecendo à seguinte ordem, risco de acidente, tempo de parada, somatório do tempo de parada num mês, retrabalho;
- 2º. Demais equipamentos que ofereçam risco de acidente;
- 3º. Equipamentos que demandaram maior custo de manutenção;
- 4º. Demais equipamento, obedecendo à seguinte ordem, tempo de parada, somatório do tempo de parada num mês e retrabalho;

### **5.5.2 Formulários de registro e Análise de Falha**

O formulário proposto à empresa foi desenvolvido, adequando as informações básicas proposta pelo modelo de Análise de Falha - RCFA à realidade da empresa e à sistemática por ele utilizada.

O layout do formulário está organizado de tal forma que facilite o preenchimento do mesmo e proporciona ao responsável pela Análise de falha (responsável pelo preenchimento), uma pré-avaliação da falha ocorrida possibilitando, quando possível, a identificação da causa fundamental da falha na etapa de Coleta de Dados. O formulário Padrão está apresentado no Anexo A

### **5.5.3 Procedimento para preenchimento da Análise de falha**

Com o objetivo de facilitar o preenchimento do formulário de Análise de Falha e ao mesmo tempo atender as exigências da política da qualidade ISO(9001) implantada na empresa foi desenvolvido um procedimento organizacional que define os objetivos dessa metodologia, o campo de aplicação da mesma, as responsabilidades dos setores envolvidos, os critérios de execução da mesma, instruções claras sobre o preenchimento de cada campo bem como a função de cada um, o critério para numeração e controle da Análises de falha e um fluxograma do processo de analisa de falha.

Tal procedimento está apresentado na integra no Anexo B.

#### **5.5.4 Controle das Falhas e Gerenciamento do Banco de Falhas**

O controle das Análises de Falhas em andamento será feito através do preenchimento do Mapa de Controle de Ações das Análises de Falhas, com objetivo de acompanhar o desenvolvimento e implantação das ações de bloqueio propostas para cada falha e servir de relatório a ser apresentado à Diretoria industrial mostrando a evolução e o andamento das Análises de Falha realizadas pelo setor.

O Gerenciamento do banco de falhas contará com o Mapa de Controle de Ações das Análises de Falhas como fonte de pesquisa, ou seja, a Análise depois de encerada permanecerá registrada no mapa de controle, porém com o status de concluída, assim quando for necessária alguma informação que conste em uma análise concluída, será efetuado um filtro ou pesquisa dentro do mapa de controle para localizar o número e o resumo das análises procuradas. Caso seja necessário saber mais detalhes sobre essa análise, ela estará armazenada em um diretório do Windows com nome Análise de Falha, numa pasta com o nome da linha a qual pertence e a numeração igual a existente no mapa de controle.

O Mapa de Controle de Ações das Análises de Falhas os Formulários de Registro e Análise de Falha estão sendo inicialmente propostos como planilha do Microsoft Excel, devido ao fato de não haver tempo para desenvolver um software próprio para o Preenchimento, Gerenciamento e Armazenamento das Análises de falha. As vantagens e lógica de funcionamento do software estão sendo apresentadas no tópico Melhorias Futuras.

O modelo do Mapa de Controle de Ações das Análises está sendo apresentado no Anexo C.

### **5.6 Aplicação da Ferramenta em Problemas Reais – Estudo de Caso**

Para verificarmos a eficiência deste modelo, realizamos a Análise de uma falha real na empresa, em conjunto com alguns colaboradores da empresa, com o intuito de verificar a eficiência e a funcionalidade do método bem como as dificuldades que colaboradores envolvidos com essa sistemática teriam durante o

desenvolvimento da mesma. Na Figura 15 e 16 são mostradas as telas do software com as informações referentes a OS escolhida para ser analisada.

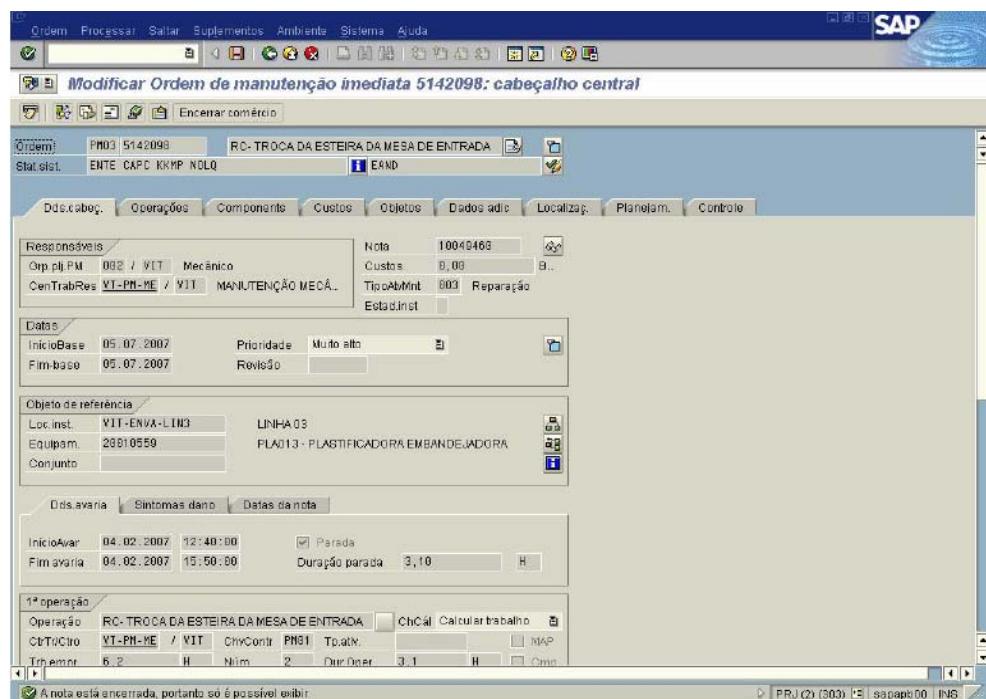


Figura 15 - Ordem de Serviço da falha analisada

Fonte: SAP/R3 da empresa

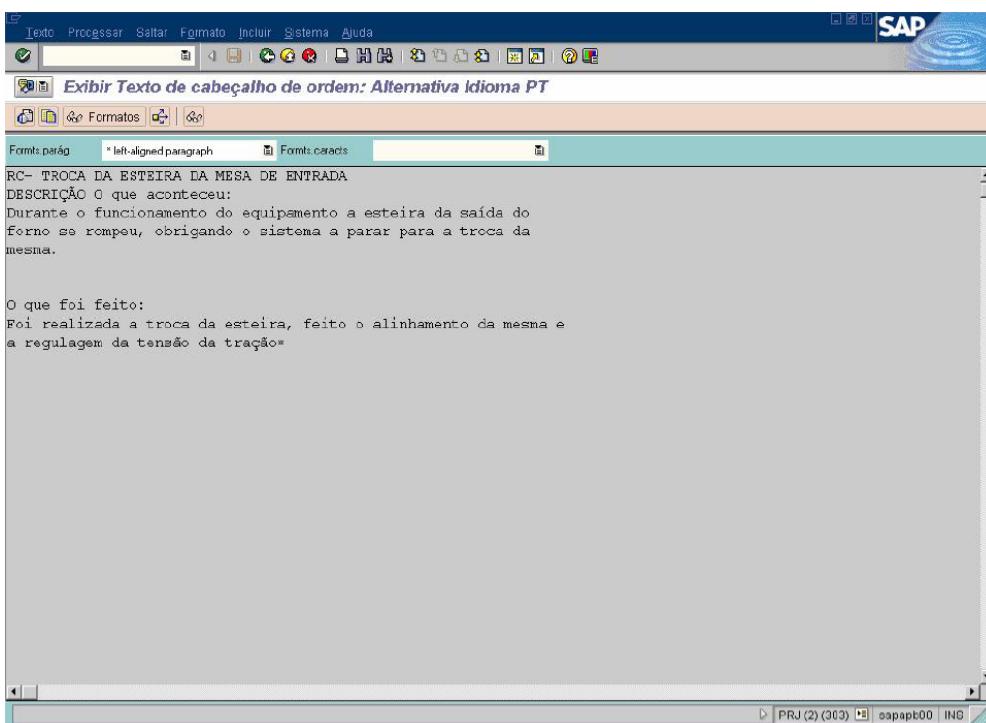


Figura 16 - Ordem de Serviço da falha analisada

Fonte: SAP/R3 da empresa

Essa OS foi escolhida baseada no critério de prioridade para execução de análise estabelecido no item 5.5.1, pois a linha 3 é a linha mais crítica no processo produtivo e essa falha foi a que demandou maior tempo de parada de equipamento no mês de fevereiro.

Análise foi realizada baseada no modelo proposto e está apresentada na íntegra no Anexo D.

## 5.7 Resultados Esperados / Resultados Obtidos

Conforme evidenciado na análise exposta no Anexo D, à metodologia proposta se mostrou eficiente quanto à identificação da causa fundamental da falha e no desenvolvimento de ações de bloqueio eficientes, mantendo um fluxo de informações satisfatório entre os mantenedores e todos os envolvidos no processo de Análise de Falhas e Manutenção Industrial, com baixo custo operacional e dinamismo.

Não houve a possibilidade de ser ministrado o treinamento citado no item 5.4, por fatores que fogem do domínio dos componentes deste trabalho, bem como a metodologia desenvolvida neste trabalho não foi implementada na empresa, conforme intenção original dos participantes, porém houve importante apoio por parte do setor de manutenção da empresa, principalmente na pessoa do Analista de Controle Industrial, para que o trabalho fosse concluído e a metodologia de análise, objeto do mesmo, fosse desenvolvida por completo.

## 5.8 Melhorias Futuras

No desenvolvimento desse projeto, verificamos que algumas melhorias referentes ao processo de gestão da manutenção da empresa deveriam ser realizadas para que os resultados obtidos com as Análises de falhas fossem maximizados.

### 5.8.1 Melhoria na estrutura de Tagueamento

Um dos grandes problemas que nos verificamos no desenvolvimento desse projeto foi a estrutura de Tagueamento utilizada pela empresa. Atualmente, eles

utilizam uma estrutura bem superficial e simplificada que aborda apenas, localizações, sistemas, processos e posições não sendo considerados na estrutura os equipamentos e componentes (ativos da empresa). Como mostra Figura 17:

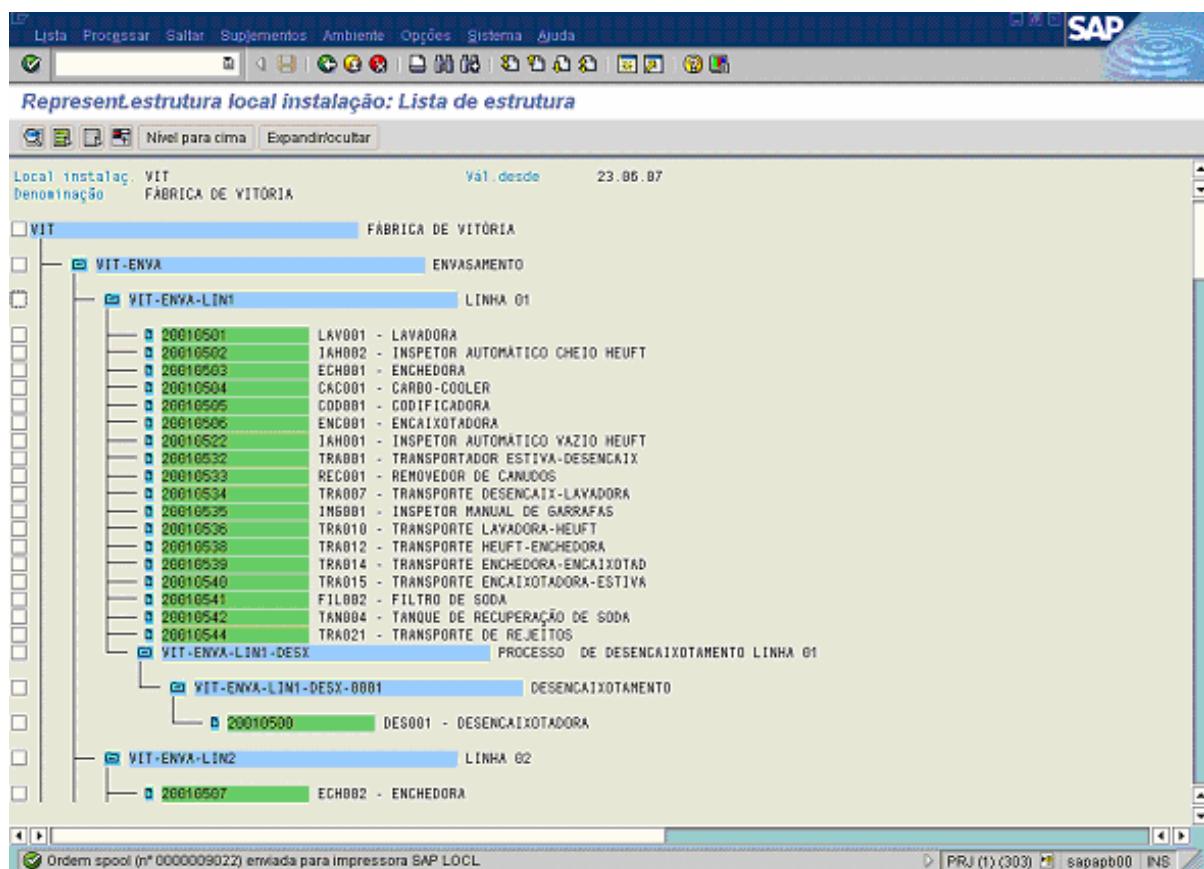


Figura 17 - Estrutura de Tagueamento da empresa

Fonte: SAP/R3 da empresa

Essa abordagem simplificada não é boa, pois impede a abertura de ordens de serviço para os equipamentos ou componentes específicos, não permite uma visão clara do detalhamento de um equipamento, torna a consulta ao histórico demorada e trabalhosa, pois as OS's estão todas juntas dentro de um processo.

É importante que a estrutura de Tagueamento abranja equipamentos e componentes (Ativos), pois uma estrutura detalhada a esse nível, permite controlar, detalhadamente e sob diferentes condições, os ativos e seus respectivos desempenhos, avaliar desempenho de sistemas completo e avaliar os efeitos que as localizações e posições tem sobre os sistemas e ativos.

### **5.8.2 Definição e organização de Grupos de Equipamentos**

O que vem a ser Grupo de Equipamentos? São grupos de equipamentos ou componentes que se definem por terem as mesmas características técnicas e operacionais, tendo em comum posições, materiais sobressalentes, planos ou padrões de manutenção. Esse tipo de identificação é importante, pois, quando identificamos falhas recorrentes em um grupo de equipamentos as soluções propostas podem ser usadas em outros equipamentos do mesmo grupo e evitar que este falhe pelo mesmo motivo, ou seja, a organização dos equipamentos segundo os grupos de equipamento facilita a padronização das Ações de bloqueio.

### **5.8.3 Especificação de Software para gerenciamento do Banco da Falhas**

Um Sistema informatizado para gerenciamento do banco de falhas tem como objetivo agilizar o preenchimento da análise, pois esse pode ser feito diretamente em um formulário criado dentro do software, facilitar o acesso e a visualização das análises já concluídas, por meio das consultas em tela e facilitar o acompanhamento das Análises em andamento, permitindo a obtenção de relatórios simplificados ou mais complexos contendo quaisquer informações sobre as Análises.

A utilização de um sistema informatizado para gerenciamento do Banco de Análises vai influir sobre a integração e a velocidade das informações necessárias para as tomadas de decisão, mas de maneira nenhuma pode substituir a lógica de funcionamento das Análises de Falha, ou seja, a Metodologia. As decisões de abordagem e os recursos que o software possua, devem atender as necessidades da Sistêmática de funcionamento da Análise de Falha.

### **5.8.4 Desenvolvimento de metodologia de análise Simplificada**

Foi ainda solicitado pelo supervisor da Manutenção, o desenvolvimento de uma metodologia simplificada de Análise de Falha para tratar as pequenas falhas do dia a dia que não atende aos critérios para execução da Análise de falha.

Essa metodologia foi desenvolvida, e consiste em uma Análise resumida, definida na forma de formulário, que será anexada a solicitação de serviço de

emergência e preenchida pelo próprio executante da Manutenção, após a realização do reparo no equipamento que falhou.

Ela tem como objetivo levantar os modos de falha dos problemas encontrados nos equipamentos e então com base nas informações do mantenedor a equipe de planejamento ou de engenharia de manutenção pode desenvolver ações de bloqueio para evitar que as pequenas falhas não voltem a acontecer e com isso aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Para sucesso desse procedimento é essencial que o mantenedor tenha um bom conhecimento do funcionamento do equipamento e capacidade de análise crítica, pois o primeiro contato com a falha é de suma importância para se determinar à causa da mesma. Essa Análise deve ser feita imediatamente após a resolução do problema para evitar que, com o passar do tempo, a informação caia no esquecimento.

A idéia da utilização dessa sistemática é baseada na regra dos 10 pra um, quanto mais “Pequenas Falhas” forem tratadas, menor será a probabilidade da ocorrência de uma falha de maior gravidade. Como mostra a Figura 18.

## REGRA DOS 10 PARA 1

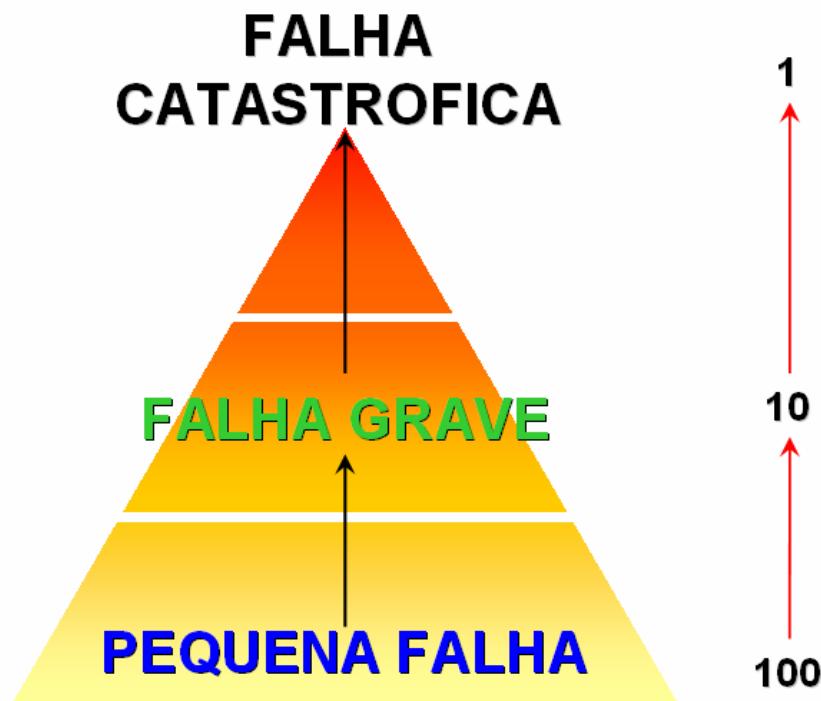


Figura 18 - Regra dos 10 pra 1

O formulário da Análise simplificada é simples e de fácil preenchimento conforme mostra figura 19.

<b>ANÁLISE SIMPLIFICADA DE FALHA</b>		Logomarca da Empresa
<b>1. Quando a falha ocorreu?</b>	<b>2. Qual o motivo da falha?</b>	
<input type="checkbox"/> Após manutenção <input type="checkbox"/> Após troca de ferramental <input type="checkbox"/> Após partida da máquina <input type="checkbox"/> Após teste <input type="checkbox"/> Durante operação	<input type="checkbox"/> Desgaste normal <input type="checkbox"/> Desgaste anormal <input type="checkbox"/> Sobre carga no equipamento <input type="checkbox"/> Falha na operação <input type="checkbox"/> Falha na manutenção	<input type="checkbox"/> Falta de manutenção <input type="checkbox"/> Falta de lubrificação <input type="checkbox"/> Corrosão no equipamento <input type="checkbox"/> Falha de projeto <input type="checkbox"/> Falha de montagem
<b>3. Como a falha ocorreu?</b>		
<b>4. Como Foi resolvido o problema?</b>		
<b>5. Porque a Falha ocorreu?</b>		
<b>6. Quais medidas evitariam que ela ocorresse novamente?</b>		

Figura 19 - Formulário de Análise simplificada

## **6 CONCLUSÃO**

Conforme na análise contida neste trabalho, conclui-se que a metodologia de análise desenvolvida é satisfatória e se adequa perfeitamente à realidade existente hoje na empresa de refrigerantes alvo do nosso estudo de caso. Fica evidente também que, conforme citado, algumas ações estruturais no processo de manutenção, que não exigem investimentos fora da realidade, elevariam consideravelmente a eficácia do processo, tais como: definição estrutural para o processo de Tagueamento de equipamentos, capacitação e conscientização dos colaboradores envolvidos no processo de manutenção quanto a importância da Ferramenta Análise de Falhas, criação e manutenção de um banco de dados para armazenar as falhas ocorridas e os resultados de suas respectivas análises. Ações como a capacitação dos colaboradores citados e utilização por parte da empresa da metodologia aqui desenvolvida não foram possíveis, mesmo sendo parte das soluções apresentadas pelos autores para o problema proposto, por razões que fogem ao domínio dos mesmos, porém a ajuda por parte do Analista de Processos Industriais da empresa foi crucial para o desenvolvimento da metodologia aqui apresentada, podendo fazer parte de ações futuras junto à empresa, paralelamente às melhorias futuras propostas no trabalho.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- [1] WIREMAN, Terry. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance.* Industrial Press Inc- USA 1998.
- [2] NBR 5462 – *Confiabilidade e Mantenabilidade.* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1994.
- [3] ABRAMAN. *Documento Nacional – A situação da Manutenção no Brasil.* Edição 2003: Questionário. Rio de Janeiro: 2003.
- [4] GAMA, Márcio Pinheiro Nogueira da. *Conceitos básicos da manutenção e indicadores de desempenho.* Apostila da Disciplina Planejamento, Programação e Controle de Manutenção. UFES – Departamento Tecnológico. Vitória: 2002.
- [5] TAVAREZ, Lorival. *Engenharia de Manutenção - Fator de Desenvolvimento Técnico da Manutenção.* Texto técnico publicado 2003.
- [6] ALMEIDA FILHO, Oswaldo Paiva. *Gerência de manutenção:* Apostila da Disciplina Gerencia de manutenção. UFES – Departamento Tecnológico. Vitória: 2006.
- [7] PINTO, Luis Henrique Terbeck. *Analise de Falha – Tópicos de Engenharia de Confiabilidade:* Novembro: 2004.
- [8] DEMING, W. E. *Qualidade: A Revolução da Administração.* Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- [9] SOARES JUNIOR, Dirceu. *Redução do número de falhas potenciais.* Belgo: Junho de 2005.
- [10] ALFONSO, Luiz Otávio Amaral. *EQUIPAMENTOS MECÂNICOS – Análise de Falha e Solução de Problemas..* Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras 2002.
- [11] Sistema de Documentação da Empresa de refrigerante.
- [12] Software SAP/R3 – Empresa de refrigerante.

## **ANEXOS**

## Anexo A - Formulários de registro e Análise de Falha

### Formulário de Registro - Pagina 1

	<b>REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS</b>			Logomarca da empresa	
				Página 1/1	
<b>NUMERO:</b>	<b>Descrição</b>		<b>Nº. da O.S</b>		
<b>Setor:</b>	<b>Linha:</b>	<b>Descrição do Equipamento:</b>	<b>Nº do Equipamento (TAG):</b>	<b>Criticidade:</b>	
<b>Data e Hora Início Perda</b>	<b>Data e Hora Término</b>	<b>Data Início Análise</b>	<b>Data Término</b>	<b>Quantidade Perda</b>	
<b>Desdobramento do Tempo para Reparo (TTR):</b>					
<b>Ação</b>	<b>Hora</b>	<b>Justificativa em Caso de Anormalidade</b>			
Atuação da operação:	:				
Deslocamento do mantenedor:	:				
Diagnóstico:	:				
Busca de ferramenta:	:				
Busca de peças:	:				
Execução:	:				
Liberação:	:				
Ajustes:	:				
Partida:	:				
<b>TIPO DE PERDA:</b>	<input type="checkbox"/> Produção	<input type="checkbox"/> Qualidade	<input type="checkbox"/> Material	<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Meio Ambiente
<b>REQUISITOS P/ ANÁLISE:</b>	<input type="checkbox"/> Tempo Parada > 60 Min (equip. crítico)		<input type="checkbox"/> Tempo Parada > 120 Min (outros)		
<input type="checkbox"/> Risco de Acidente	<input type="checkbox"/> Recorrência no mês > 60 Min (equip. crítico)		<input type="checkbox"/> Recorrência no mês > 120 Min (outros)		
<input type="checkbox"/> Retrabalho	<input type="checkbox"/> Custo Produção > R\$ 20.000,00		<input type="checkbox"/> Outros _____		
<b>TIPO DE FALHA:</b>	<input type="checkbox"/> Elétrica	<input type="checkbox"/> Mecânica	<input type="checkbox"/> Operacional	<input type="checkbox"/> Hidráulica	<input type="checkbox"/> Instrumentação
<b>Acompanhamento das reuniões para Análise da Falha</b>					
<b>Participantes</b>	<b>Função</b>		<b>Assinatura</b>		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
<b>Responsável pela Análise:</b>					
<b>Descrição da Função Afetada (Falha Funcional), Modo de Falha, Diagnóstico, Ações Imediatas e Evidências</b>					

Formulário Registro - Pagina 2

	<b>REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS</b>		Logo da empresa
		Pagina 1/2	
NUMERO:	DESCRÍÇÃO	Nº. da O.S	
<b>Registro Fotográfico / Croquis / Desenhos</b>			
<b>Histórico do Equipamento</b>			
<b>Conclusão da Análise da Falha</b>			
<b>Objetivos / Resultados Alcançados / Replicação para outros equipamentos</b>			
<b>Padronização</b>			

## Guia de perguntas para Histórico do equipamento

	<b>HISTÓRICO DO EQUIPAMENTO</b>	Logo da empresa										
NUMERO:	DESCRÍÇÃO											
<b>1. CONDIÇÕES DO EQUIPAMENTO (ANTES DA FALHA)</b> <p>1. Em que momento ocorreu a falha?</p> <p><input type="checkbox"/> Após manutenção  <input type="checkbox"/> Após troca de ferramental  <input type="checkbox"/> Após partida da máquina  <input type="checkbox"/> Após teste  <input type="checkbox"/> Durante operação</p> <p>2. Que Sintomas foram percebidos antes da falha?</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; padding-right: 10px;"><input type="checkbox"/> Parada / Desarme</td> <td style="width: 50%;"><input type="checkbox"/> Vibração</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Funcionamento Incorreto</td> <td><input type="checkbox"/> Deterioração</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Operação Intermittente</td> <td><input type="checkbox"/> Sujeira / Vazamento</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Medida Instrum. Anormal</td> <td><input type="checkbox"/> Outro: _____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ruído</td> <td></td> </tr> </table> <p>3. Equipamento em condições normais de operação?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não _____ % das condições nominais</p> <p>4. O equipamento possui histórico de manutenção?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <p>5. Quando foi a ultima intervenção no equipamento?</p> <p>6. O equipamento está inserido em algum programa de manutenção / inspeção?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <p>7. Existe algum questionamento quanto ao projeto do equipamento?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <p>8. O equipamento é adequado para as condições do ambiente ao qual está instalado?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <p>9. Existem registros de ocorrência de falhas semelhantes?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não  <input type="checkbox"/> Qual foi a ação tomada?</p> <p>10. Existem dispositivos de proteção para o equipamento?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não.</p> <p>11. O dispositivo de proteção atuou?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <p>12. Existem medições on-line para avaliar as condições de operação do equipamento?</p> <p><input type="checkbox"/> sim  <input type="checkbox"/> não</p> <b>2. CAUSAS PROVÁVEIS</b> <p><input type="checkbox"/> Desgaste normal  <input type="checkbox"/> Desgaste anormal ou falha do equipamento/componentes  <input type="checkbox"/> Sobrecarga no equipamento  <input type="checkbox"/> Falha na operação  <input type="checkbox"/> Falha na manutenção  <input type="checkbox"/> Falta de manutenção  <input type="checkbox"/> Falta de lubrificação  <input type="checkbox"/> Corrosão no equipamento  <input type="checkbox"/> Falha de projeto  <input type="checkbox"/> Falha de montagem  <input type="checkbox"/> Outros</p>			<input type="checkbox"/> Parada / Desarme	<input type="checkbox"/> Vibração	<input type="checkbox"/> Funcionamento Incorreto	<input type="checkbox"/> Deterioração	<input type="checkbox"/> Operação Intermittente	<input type="checkbox"/> Sujeira / Vazamento	<input type="checkbox"/> Medida Instrum. Anormal	<input type="checkbox"/> Outro: _____	<input type="checkbox"/> Ruído	
<input type="checkbox"/> Parada / Desarme	<input type="checkbox"/> Vibração											
<input type="checkbox"/> Funcionamento Incorreto	<input type="checkbox"/> Deterioração											
<input type="checkbox"/> Operação Intermittente	<input type="checkbox"/> Sujeira / Vazamento											
<input type="checkbox"/> Medida Instrum. Anormal	<input type="checkbox"/> Outro: _____											
<input type="checkbox"/> Ruído												

## Formulário para Reunião de Brainstorming

REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS		Logo da empresa
NUMERO	DESCRÍÇÃO	
BRAINSTORMING		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		
18.		
19.		
20.		
21.		
22.		
23.		
24.		
25.		
26.		
27.		
28.		
29.		
30.		



## DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Logo da empresa

NUMERO:	Descrição					Logo da empresa
	EQUIPAMENTO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
1.1						
1.2						
1.3						
1.4						
2.1	MATERIAIS	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
2.2						
2.3						
2.4						
3.1	PROCEDIMENTOS/MÉTODOS	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
3.2						
3.3						
3.4						
4.1	PROJETO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
4.2						
4.3						
4.4						
5.1	GERENCIAMENTO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
5.2						
5.3						
5.4						
6.1	CAPACITAÇÃO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
6.2						
6.3						
6.4						

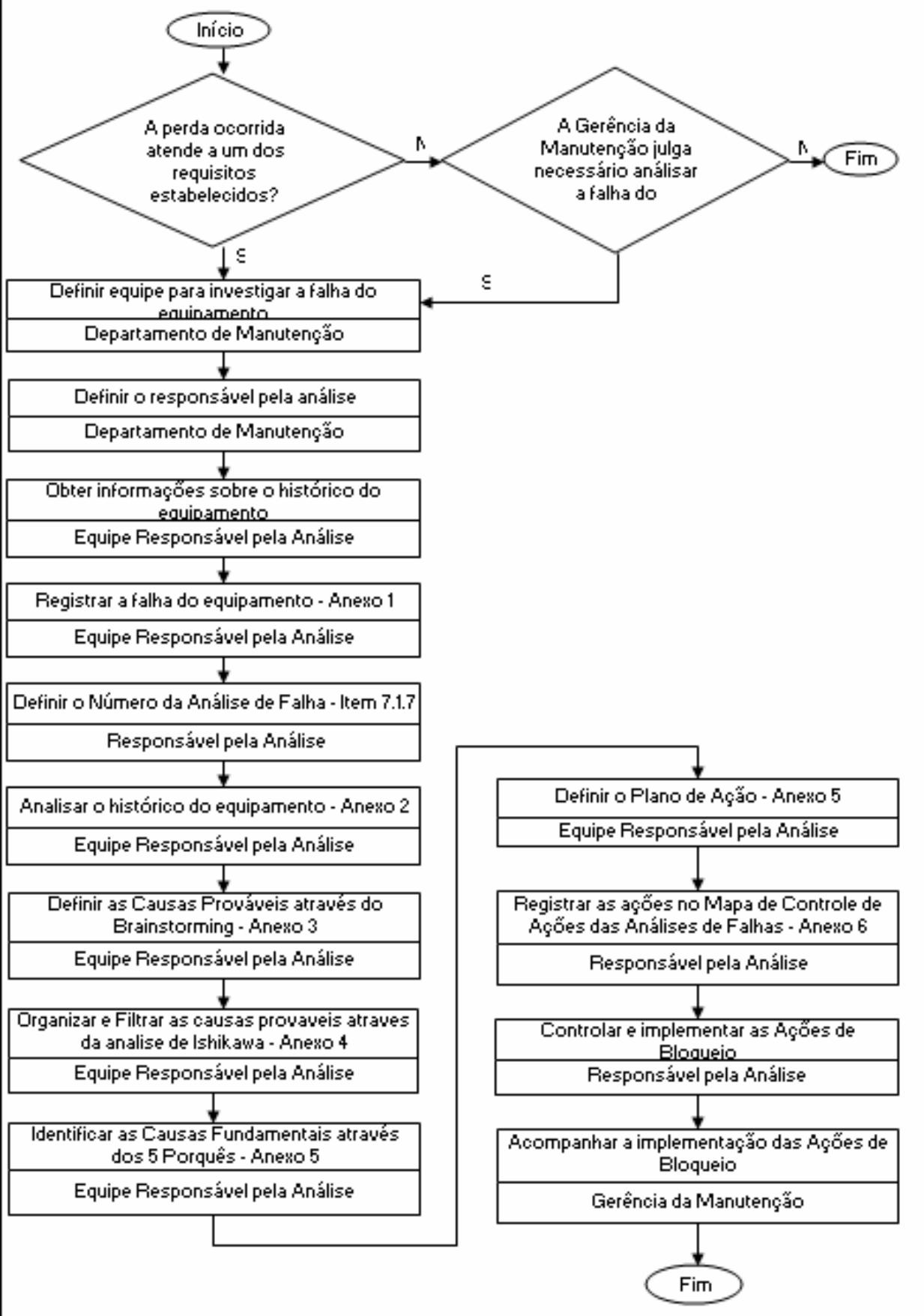
RI: Responsável pela investigação MTV: Medir, Testar ou Verificar CD: Confirmado ou Descartado I: Importância (A - Alta, M - Média, B - Baixa)

## Análise dos 5 Porquês e Plano de Ação



## FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ANÁLISE DE FALHA DE EQUIPAMENTOS

Logomarca da Empresa



## **Anexo B – Procedimento para Preenchimento da e Análise de Falha**

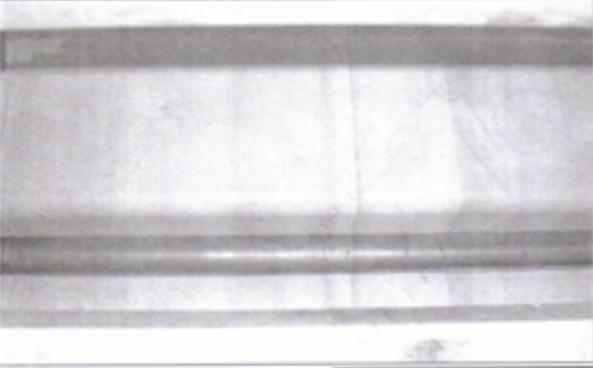
Por questões de Sigilo esse procedimento não está sendo disponibilizado nessa versão do Projeto, devido ao fato do mesmo conter informações de uso exclusivo da empresa.

Anexo C – Mapa de Controle de Ações das Análises de Falhas

STATUS	
OK	CONCLUÍDO
E/A	EM ANDAMENTO
PEND	PENDENTE

## Anexo D – Análises de Falhas Aplicação Pratica

	<b>REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS</b>				Logo da empresa
					Página 1/1
<b>NUMERO:</b>	<b>Descrição</b>			<b>Nº. da O.S</b>	
AF-LN3-001	Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora			5142098	
<b>Sector:</b>	<b>Linha:</b>	<b>Descrição do Equipamento:</b>	<b>Nº do Equipamento (TAG):</b>	<b>Criticidade:</b>	
Envazamento	3	Esteira de Saída do forno da Plastificadora	20010559	A	
<b>Data e Hora Início Perda</b>	<b>Data e Hora Término</b>	<b>Data Início Análise</b>	<b>Data Término Análise</b>	<b>Quantidade</b>	
6/2/2007 12:40	6/2/2007 15:53	7/2/2007	15/5/2007	3:13 de Produção	
<b>Desdobramento do Tempo para Reparo (TTR):</b>					
<b>Ação</b>	<b>Hora</b>	<b>Justificativa em Caso de Anormalidade</b>			
Atuação da operação:	12:40	-			
Deslocamento do mantenedor:	12:50	-			
Diagnóstico:	13:00	-			
Busca de ferramenta:	14:30	Falta do gabarito para aperto da esteira			
Busca de peças:	13:30	-			
Execução:	15:20	Falta do gabarito para aperto da esteira			
Liberação:	15:30	-			
Ajustes:	15:40	-			
Partida:	15:53	-			
<b>TIPO DE PERDA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Produção	<input type="checkbox"/> Qualidade	<input type="checkbox"/> Material	<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Meio Ambiente
<b>REQUISITOS P/ ANÁLISE:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tempo Parada > 60 Min (equip. critico)		<input type="checkbox"/> Tempo Parada > 120 Min (outros)	
<input type="checkbox"/> Risco de Acidente	<input type="checkbox"/>	Recorrência no mês > 60 Min (equip. critico)		<input type="checkbox"/> Recorrência no mês > 120 Min (outros)	
<input type="checkbox"/> Retrabalho	<input type="checkbox"/>	Custo Produção > R\$ 20.000,00		<input type="checkbox"/> Outros	
<b>TIPO DE FALHA:</b>	<input type="checkbox"/> Elétrica	<input checked="" type="checkbox"/> Mecânica	<input type="checkbox"/> Operacional	<input type="checkbox"/> Hidráulica	<input type="checkbox"/> Instrumentação
<b>Acompanhamento das reuniões para Análise da Falha</b>					
<b>Participantes</b>	<b>Função</b>		<b>Assinatura</b>		
1	Analista de Controle Industrial				
2	Facilitador de Manutenção - Planejado				
3	Facilitador de Manutenção - Líder				
4	Técnico Mecânico				
5	Auxiliar de Manutenção Mecânica				
6	Breno Dummer Passamai				
7	Gustavo Beccalli de Castilho				
8					
9					
10					
<b>Responsável pela Análise:</b>	<b>Saulo</b>				
<b>Descrição da Função Afetada (Falha Funcional), Modo de Falha, Diagnóstico, Ações Imediatas e Evidências</b>					
<p>Durante funcionamento do equipamento, a esteira do forno se rompeu obrigando o sistema a parar para troca da mesma. Foi realizada troca, feito alinhamento e regulada tensão de tração. O tempo de troca da esteira foi alto pois, faltava na ferramentaria, gabarito para regulagem da tensão da esteira, sendo realizado tensionamento segundo sensibilidade do mecânico</p>					

	<b>REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS</b>		Logo da empresa <b>Página 1/2</b>
<b>NUMERO:</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>Nº. da O.S</b>	
AF-LN3-001	Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora	5142098	
<b>Registro Fotográfico / Croquis / Desenhos</b>			
			
<b>Histórico do Equipamento</b>			
<p>Esse equipamento possui histórico de falha semelhante mas não foram tomadas ações pois não havia sido identificada o motivo da falha.</p>			
<b>Conclusão da Análise da Falha</b>			
<p>Para evitar novas falhas por rompimento da esteira, foram implantadas as seguintes ações;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituídos parafuso e porca dos rolos por outro auto-travantes;</li> <li>- Revisados Planos Preventivos da linha 3;</li> <li>- Criados gabarito para aperto da correia;</li> <li>- Organização da ferramentaria;</li> <li>- Realizados estudo de viabilidade.</li> </ul> <p>O estudo de viabilidade foi orçado e está sendo feita a substituição das esteiras de lona por esteiras de rolos.</p>			
<b>Objetivos / Resultados Alcançados / Replicação para outros equipamentos</b>			
<p>A análise de falha propôs ações que propiciaram a eliminação desse modo de falha. Como resultado dessas ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituídos parafuso e porca dos rolos por outro auto-travantes;</li> <li>- Substituir todas as esteiras de lona da empresa por esteiras de rolos;</li> <li>- A organização que foi realizada na ferramentaria atingiu de maneira indireta todos os equipamentos da empresas.</li> </ul>			
<b>Padronização</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A organização da ferramentaria gerou um procedimento para empréstimo das ferramentas e uma sistemática de organização dessas ferramentas.</li> <li>- A substituição das esteiras, gerou modificação nos projetos dos equipamentos bem como nos procedimentos operacionais e de manutenção.</li> </ul>			



## HISTÓRICO DO EQUIPAMENTO

Logo da empresa

NUMERO:	DESCRIÇÃO
AF-LN3-001	Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora

### 1. CONDIÇÕES DO EQUIPAMENTO (ANTES DA FALHA)

1. Em que momento ocorreu a falha?

- Após manutenção
- Após troca de ferramental
- Após partida da máquina
- Após teste
- Durante operação

2. Que Sintomas foram percebidos antes da falha?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Parada / Desarme        | <input checked="" type="checkbox"/> Vibração |
| <input type="checkbox"/> Funcionamento Incorreto | <input type="checkbox"/> Deterioração        |
| <input type="checkbox"/> Operação Intermittente  | <input type="checkbox"/> Sujeira / Vazamento |
| <input type="checkbox"/> Medida Instrum. Anormal | <input type="checkbox"/> Outro: _____        |
| <input type="checkbox"/> Ruído                   | <input type="checkbox"/>                     |

3. Equipamento em condições normais de operação?

- sim
- não \_\_\_\_\_ % das condições nominais

4. O equipamento possui histórico de manutenção?

- sim
- não

5. Quando foi a ultima intervenção no equipamento?

6. O equipamento está inserido em algum programa de manutenção / inspeção?

- sim
- não

7. Existe algum questionamento quanto ao projeto do equipamento?

- sim
- não

8. O equipamento é adequado para as condições do ambiente ao qual está instalado?

- sim
- não

9. Existem registros de ocorrência de falhas semelhantes?

- sim
- não

Qual foi a ação tomada? Não foram tomadas ações pois não foi identificada a falha.

10. Existem dispositivos de proteção para o equipamento?

- sim
- não.

11. O dispositivo de proteção atuou?

- sim
- não

12. Existem medições on-line para avaliar as condições de operação do equipamento?

- sim
- não

### 2. CAUSAS PROVÁVEIS

- Desgaste normal
- Desgaste anormal ou falha do equipamento/componentes
- Sobrecarga no equipamento
- Falha na operação
- Falha na manutenção
- Falta de manutenção
- Falta de lubrificação
- Corrosão no equipamento
- Falha de projeto
- Falha de montagem
- Outros



## REGISTRO E ANÁLISE DE FALHAS

Logo da empresa

NUMERO	DESCRIÇÃO
AF-LN3-001	Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora
<b>BRAINSTORMING</b>	
1.	Esteira resecada
2.	Esteria apertada demais
3.	Desalinhamento dos rolos
4.	Rolo da esteira danificado
5.	Esteira folgada devido a folgano eixo dos rolos
6.	Fim da vida útil
7.	Falta de gabarito para aperto da esteira
8.	Falta de inspeção da correia
9.	Intervalo de inspeção muito longo
10.	Erro da operação causando sobrecarga
11.	Corpo estranho na correia
12.	Esteira utilizada não atende aos esforço.
13.	Falha no material da esteria
14.	
15.	
16.	
17.	
18.	
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	
25.	
26.	
27.	
28.	
29.	
30.	



## DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Logo da empresa

NUMERO:		DESCRICAÇÃO				
AF-LN3-001		Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora				
1	EQUIPAMENTO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
1.1	Esteira ressecada	-	V	D	M	Verificado e constatado que aspecto da esteira não apresentava ressecamento anormal.
1.2	Esteira folgada devido a folga no eixo de rolos	-	V	C	A	Verificado e constatado marcas de deslizamento no ojamento do eixo e no ponto de aperto do parafuso.
1.3	Fim da vida útil da esteira	-	V	D	M	Data fim da vida útil distante da data da falha
1.4	Corpo estranho caído na esteira	-	V	D	M	Não foram encontrados marcas ou objetos que justificasem esse motivo
2	MATERIAIS	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
2.1	Rolo da esteira danificado	-	V	D	M	Verificado aspecto do rolo e constatado que estava normal.
2.2	Falha no material da esteria	-	V	D	M	Verificado aspecto do material da esteira e não foi constatado qualquer anormalidade ou característica de falha de material
2.3						
3	PROCEDIMENTOS/MÉTODOS	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
3.1	Falta de inspeção do equipamento	-	V	D	M	Descarta do pois equipamento faz parte do check list semestral
3.2	Intervalo de inspeção muito longo	-	V	C	A	O check list realizado na esteira tem intervalo muito longo
3.3						
3.4						
4	PROJETO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
4.1	Esteira utilizada não atende aos esforço.	-	V	D	M	Descarado pois esteiras anteriores suportaram os esforços sem sofre qualquer falha
4.2						
4.3						
5	GERENCIAMENTO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
5.1	Falta do gabarito para aperto da esteira	-	V	C	M	O mesmo não consta nos itens da ferramentaria
5.2						
5.3						
6	CAPACITAÇÃO	RI	MTV	CD	I	JUSTIFICATIVA
6.1	Erro de operação causando sobrecarga	-	V	D	M	Não constam erros de operação nos registros de operação
6.2	Esteria apertada demais	-	V	D	M	Descartado pois foi confirmado que a mesma estava folgada.
6.3	Desalinhamento dos rolos	-	V	D	M	Descartada pois o desgaste da esteira se apresentava uniformemente.

RI: Responsável pela investigação MTV: Medir, Testar ou Verificar CD: Confirmado ou Descartado I: Importância (A - Alta, M - Média, B - Baixa)



## ANÁLISE - 5 PORQUÊS

Logo da empresa

## NÚMERO

AF-LN3-001

## DESCRIÇÃO

Rompimento da Esteira desaída do forno da plastificadora

CASAS PROBÁTEIS	1- POR QUÉ?	2- POR QUÉ?	3- POR QUÉ?	4- POR QUÉ?	5- POR QUÉ?
Esteira folgada devido a folga no eixo de rolos	Parafuso afrouxaram por vibração natural				
Intervalo de inspeção muito longo	plano de manutenção incorreto				
Falta do gabarito para aperto da esteira	Perda do gabarito	Falta de gerenciamento das ferramentas de apoio			

## PLANO DE AÇÃO

CASO FUNDAMENTAL	QUAL DAS ATIVIDADES ADICIONAIS EVITARIA A FALHA?	AÇÃO DE PLOGHEIO	QUEN	QUANDO	STATUS
Parafuso afrouxaram por vibração natural	Análise de Vibração (Inspeção)	Substituir parafuso e porca dos rolos por outro auto-travantes	-	12/2/2007	OK
Plano de Manutenção Incorreto	Preventiva Cronológica	Revisar Planos Preventivos da linha 3	-	22/2/2007	OK
Parafuso afrouxaram por vibração natural	Alteração de Projeto para atender novos Requisitos Operacionais	Realizar estudo de viabilidade	-	25/4/2007	OK
Falta de gabarito para aperto da correia	Capacitação (Treinamento)	Criar gabarito para aperto da correia	-	28/2/2007	OK
Falta de gerenciamento das ferramentas de apoio a Manutenção		Catalogar e organizar ferramentaria de apoio a manutenção e desenvolver sistemática para utilização das mesmas	-	13/4/2007	OK

