



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO SOBRE AS FERRAMENTAS DE ANÁLISE E  
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA QUALIDADE  
UTILIZADAS EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO  
POR**

**Carlos Daniel de Carvalho Filho**  
Orientador: Prof. Cláudio José Montenegro de Albuquerque

RECIFE, Janeiro / 2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO SOBRE AS FERRAMENTAS DE ANÁLISE E  
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA QUALIDADE  
UTILIZADAS EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, Janeiro / 2008

C331e Carvalho Filho, Carlos Daniel de  
Estudo sobre as ferramentas de análise e solução de problemas da qualidade utilizadas em uma indústria metalúrgica/ Carlos Daniel de Carvalho Filho. – Recife: O Autor, 2008.  
35 folhas, il., figs., tabs.  
Orientador: Prof. Dr. Cláudio José Montenegro de Albuquerque  
TCC (graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia de Produção 2008.  
Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Método de análise e solução de problemas. 3. Ferramentas da qualidade. 4. Gestão da qualidade. I. Albuquerque, Claudio José Montenegro (orientador). II. Título.

658.5 CDD (22. ed.)

UFPE

“As pessoas tiram da vida exatamente o que investiram nela”

(Joy Adason)

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais pelas oportunidades educacionais que me ofereceram ao longo da vida e pelo grande esforço que fizeram para que a minha educação fosse a melhor possível.

À minha mulher Xênia pela compreensão, colaboração, incentivo e paciência nos vários momentos dedicados à realização deste TCC.

Aos meus colegas concluintes que me ajudaram na elaboração deste trabalho.

Aos professores de engenharia de produção pelo conhecimento que me foi transmitido, em especial ao prof. Antônio Nunes Barbosa Filho pelo exemplo de domínio da matéria e amplo conhecimento do que foi ensinado.

Ao meu orientador Cláudio José Montenegro de Albuquerque pelas concisas observações realizadas.

## RESUMO

Atualmente muitas organizações que eram consideradas inexpugnáveis estão apresentando dificuldades para sobreviver no mercado. Grande parte dos problemas destas organizações se resume a deficiência na resolução dos problemas, uma vez que as rápidas mudanças estão acontecendo no mercado e estas carregam novos desafios que as organizações devem superar para se manter no mercado. Este trabalho apresenta fundamentos sobre o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), bem como uma seqüência de etapas a serem cumpridas para um melhor desenvolvimento deste. Serão também apresentadas algumas das principais ferramentas da qualidade que oferecem suporte a identificação e execução de uma análise de problemas. Também será exposto um estudo de caso que demonstra os resultados que podem ser alcançados quando se utiliza a metodologia para solucionar problemas.

**Palavras-Chave:** Método de Análise e Solução de Problemas; Ferramentas da Qualidade; Gestão da Qualidade.

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	iv
RESUMO .....	v
SUMÁRIO .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa do Trabalho .....	2
1.2 Objetivo do Trabalho.....	3
1.2.1 Objetivo geral .....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Organização do Trabalho .....	3
1.5 Ambiente do Trabalho.....	4
2 BASE CONCEITUAL .....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Ferramentas da Qualidade .....	6
2.2.1 Brainstorming .....	6
2.2.2 Gráfico de Pareto.....	7
2.2.3 Histograma .....	8
2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) .....	11
2.2.5 Cinco Porquês.....	12
2.2.6 5W e 1H.....	13
2.2.7 Fluxograma.....	14
2.3 Etapas do MASP .....	14
2.3.1 Identificar o Problema .....	14
2.3.2 Analisar .....	17
2.3.3 Avaliar alternativas.....	19
2.3.4 Teste piloto.....	20
2.3.5 Padronizar.....	21
3 ESTUDO DE CASO .....	23
3.1 Introdução.....	23
3.2 A empresa.....	23
3.3 Análise do Problema de Retrabalho .....	24
3.4 Conclusão do Estudo de Caso .....	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
4.1 Conclusões.....	31
4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros .....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
ANEXO 1 – Formulário de ACR (Frente) .....	34
ANEXO 2 – Formulário de ACR (Verso).....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pareto dos Motivos de Rejeição – Mês 1.....	8
Figura 2.2 – Pareto dos Motivos de Rejeição – Mês 2.....	8
Figura 2.3 – Histograma – Mês 1.....	9
Figura 2.4 – Histograma – Mês 2.....	9
Figura 2.5 – Rejeição Semanal Agrupado – Linha 1.....	10
Figura 2.6 – Rejeição Semanal Empilhado – Linha 1.....	10
Figura 2.7 – Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito.....	12
Figura 2.8 – Exemplo de Análise dos Cinco Porquês.....	13
Figura 2.9 – Exemplo de Cadeia de Ajuda .....	16
Figura 3.1 – Pareto dos Motivos de Retrabalho Antes das Melhorias.....	25
Figura 3.2 – Pareto dos Locais de Ocorrência de Retrabalho Antes das Melhorias.....	25
Figura 3.3 – Exemplos de Telescopagem.....	26
Figura 3.4 – Telescopagem no Cliente.....	27
Figura 3.5 – Cinco Porquês da Telescopagem.....	28
Figura 3.6 – Pareto dos Motivos de Retrabalho Após as Melhorias.....	29
Figura 3.7 – Exemplo de Trincas Laterais.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Exemplo de 5W e 1H .....	14
---------------------------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

Quando a palavra problema é pronunciada na maioria das empresas, logo se pensa em um evento de proporções catastróficas e se projeta intermináveis reuniões em busca da sonhada causa raiz, porém, os problemas, em sua maioria, são bem mais simples de serem resolvidos. São as pequenas questões que estão esperando para serem solucionadas com o auxílio de ferramentas adequadas e vontade em buscá-las antes que se tornem grandes ameaças ao sucesso da organização.

Hoje, muitos problemas são simplesmente ignorados porque são considerados pequenos demais, mas eles são determinados a chamar atenção e somente serão notados à medida que criam raízes, consomem recursos e transtornam clientes.

A maioria das empresas trabalha na resposta a um problema e não na resolução do mesmo, ou seja, elas atuam eliminando apenas os sintomas, mas comumente negligenciam as causas primárias. A negação de que o problema seja significativo, assim como o enorme tempo despendido trabalhando nos sintomas ao invés da causa, criam atividades desnecessárias que podem corrigir o problema errado.

As organizações de classe mundial atuam com uma visão de solucionar pelo menos 70% dos problemas que surgem através de uma metodologia direta e sistemática, cuja base seja uma seqüência de passos simples e que identifique a causa raiz do problema.

Segundo Grifo (1995), um dos princípios básicos para que a empresa alcance um melhor nível de desempenho é reconhecer que a organização possui problemas, e em cada um deles há uma oportunidade de melhoria que pode abranger pessoas, produtos, processos e sistemas. Existem técnicas para se identificar as anomalias e que vão desde processos de manutenção até auditorias de qualidade. Após a definição clara do problema este deverá seguir um processo metodológico de priorização que incluirá as variáveis de risco, custos e benefícios para o negócio.

Para cada oportunidade é determinado um projeto que consiste de ações planejadas visando atingir determinados objetivos, devido à importância dos projetos priorizados se utiliza o Métodos de Análise e Solução de Problemas (MASP), que é uma metodologia que tem por base a obtenção de fatos que corroborem com as hipóteses inicialmente expostas, portanto, é um método factual.

Este trabalho apresenta a as etapas de uma metodologia de análise e solução de problemas com ênfase em solução de problemas da qualidade. Além do método em si, será exposto algumas das principais ferramentas da qualidade que auxiliam o entendimento do

problema e a direção a ser tomada durante a análise. O trabalho apresenta ainda um estudo de caso realizado numa grande indústria do setor metalúrgico onde serão aplicados os conceitos de solução de problemas que serão explanados.

## 1.1 Justificativa do Trabalho

Com um cenário altamente competitivo e com o nível de exigência dos clientes aumentando inexoravelmente, é de extrema importância que as empresas busquem a excelência no processo de produção eliminando desperdícios e entregando ao cliente apenas produtos conformes.

Todas as empresas, independentemente do porte, área de atuação, da participação no mercado e do processo de fabricação, possuem oportunidades de melhoria cuja identificação e resolução irá diferenciar a organização das demais concorrentes.

Um grande diferencial pode ser obtido através da resolução dos problemas internos da organização e principalmente aqueles que afetam a qualidade do produto que será enviado ao cliente. A análise destas anomalias deve ser realizada de forma consistente buscando evitar que o problema volte a ocorrer.

As oportunidades são tão numerosas que a atuação em todas elas simultaneamente irá trazer uma resolução superficial das mesmas e, portanto, os benefícios não serão plenos uma vez que as causas raízes dos problemas provavelmente não serão completamente atacadas. É preciso priorizar o que deverá ser investigado inicialmente e uma abordagem interessante é focando na qualidade, uma vez que ela é diretamente responsável pela satisfação dos clientes (Campos, 1994).

Para que o negócio possa atingir um alto nível de resolução de problemas e com isso alcançar uma posição diferenciada no mercado é preciso utilizar uma metodologia de análise e ter o auxílio de uma série de ferramentas da qualidade. Estas facilitarão a identificação das oportunidades de melhorias mais significativas da empresa e irão empregar métodos na busca da causa raiz do problema.

Neste cenário observou-se a necessidade de se utilizar uma metodologia adequada que ofereça um sólido suporte à resolução de problemas, bem como o emprego das principais ferramentas de qualidade para auxiliar em um melhor uso desta metodologia.

## 1.2 Objetivo do Trabalho

### 1.2.1 Objetivo geral

Abordar os princípios da solução de problemas, desde a etapa de identificação até o processo de padronização das melhorias, bem como as ferramentas de qualidade mais comumente utilizadas no suporte a esta metodologia.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar importância da solução de problemas;
- Estruturar as etapas básicas do MASP;
- Apresentar os princípios da solução de problemas;
- Apresentar as principais ferramentas de qualidade que oferecem suporte na identificação e resolução de problemas;
- Apresentar a aplicação do MASP, com o auxílio de ferramentas da qualidade, por meio de um estudo de caso.

## 1.3 Metodologia

Este trabalho será realizado através de uma pesquisa bibliográfica, com base na utilização de livros que tratam da solução de problemas e ferramentas da qualidade. Como fundamentação teórica serão apresentados conceitos acerca das etapas que compõem um método de análise e solução de problemas e as ferramentas de qualidade mais usuais no meio fabril que oferecem suporte a esta metodologia. Será exposto um estudo de caso que contempla a aplicação da metodologia e das ferramentas demonstradas e o benefício do uso desta técnica.

## 1.4 Organização do Trabalho

A estrutura deste trabalho é composta de quatro capítulos.

No capítulo 1 é apresentada uma visão geral da solução de problemas, bem como a sua importância para o sucesso da organização. Sendo também apresentado o valor e relevância deste estudo, assim como os objetivos almejados com o trabalho.

O capítulo 2 detalha as ferramentas da qualidade que fundamentam a primeira parte da base conceitual do trabalho, englobando os conceitos de cada ferramenta e uma breve ilustração das mesmas. Na segunda parte deste capítulo são explorados os cinco passos

utilizados na solução de problemas, assim como alguns critérios relevantes a serem observados em cada etapa.

O capítulo 3 ilustra a aplicação da técnica MASP em um estudo de caso.

Ao final, no capítulo 4, são expostas as conclusões do estudo realizado, sugestões para futuros trabalhos correlatos e a importância deste estudo para a formação de Engenheiro de Produção.

## **1.5 Ambiente do Trabalho**

O trabalho foi desenvolvido com o auxílio de uma das maiores produtoras de alumínio do mundo. E que para se manter entre os líderes mundiais em seu segmento a empresa criou o um sistema de negócio próprio, a partir de uma adaptação do Sistema Toyota de Produção adequado a realizada da organização.

Um dos pilares que rege o sistema de negócio da empresa é a melhoria contínua, que é o constante aperfeiçoamento dos produtos e processos. Para avaliar onde pode ser melhorado são utilizadas ferramentas de qualidade e de análise de solução de problemas. Para tanto a organização desenvolveu um formulário próprio de análise de causa raiz, também conhecido como ACR e implantou uma cultura de resolução de problemas que consiste na definição de gatilhos para iniciar a análise e desenvolveu uma ferramenta de comunicação eficaz (cadeia de ajuda) que permite uma rápida disseminação dos detalhes do problema para todos os envolvidos.

## **2 BASE CONCEITUAL**

### **2.1 Introdução**

Um dos objetivos da filosofia da qualidade total é a melhoria contínua. Este progresso é obtido através do reconhecimento, por todas as organizações, da existência dos problemas, ou seja, a ocorrência de alguma variação indesejável no processo (CAMPOS, 1994) e que para um ganho de vantagem competitiva sobre os concorrentes é preciso solucionar uma parcela significativa destes problemas.

Todas as organizações possuem problemas que as limitam de obter melhor qualidade e produtividade. No entanto, muitas empresas buscam solucionar estes problemas apenas com o uso de pessoas com muita experiência e com base no que julgam certo.

Neste processo de solução de problemas é essencial o uso de fatos e não somente experiências anteriores. Desta forma, uma análise do problema, com um seqüenciamento lógico e com o auxílio de ferramentas, se faz necessário para o levantamento dos fatos e das causas fundamentais deste problema.

A metodologia de solução de problemas que será exposta neste capítulo é composta por duas partes (KELLY, 1992). A primeira concerne às ferramentas de auxílio, que serão vistas no item 2.2 deste capítulo, e que tem por objetivo oferecer suporte no entendimento da anomalia e facilitar a organização dos fatos, das causas e das soluções durante a análise do problema. A segunda, diz respeito ao método propriamente dito, que será explorado no item 2.3 deste capítulo, e que denota uma seqüência lógica de etapas a serem seguidas durante a execução de uma análise de problemas. As definições de cada ferramenta, assim como a seqüência das etapas descritas no método de análise e solução de problemas serão baseadas nos conceitos que foram descritos por Kelly (1992).

As ferramentas da qualidade que serão expostas neste capítulo são as mais usuais no ambiente industrial. Então, não serão descritas, em sua plenitude, as tradicionais sete ferramentas da qualidade.

Segundo Campos (1994) de nada adianta conhecer profundamente as ferramentas da qualidade se o método não é aplicado, pois as ferramentas são apenas recursos. Na aplicação do método devem-se empregar as ferramentas de forma a melhorar a utilização da sistemática e extrair de forma ordenada as causas e as soluções para o problema.

## 2.2 Ferramentas da Qualidade

### 2.2.1 Brainstorming

Definição: É um método de geração e coleta de idéias sobre um determinado tema oriundo de pessoas que possuam conhecimento acerca da problemática determinada. É uma técnica que busca gerar idéias de forma rápida e em grande quantidade através da eliminação das formalidades limitantes que reduzem a criatividade dos participantes.

Segundo Kelly (1992), as diretrizes para a realização de um *brainstorming* são:

- Definir claramente o tema a ser abordado durante a sessão;
- Identificar a pessoa responsável por listar as idéias de forma a mostrar a todos os envolvidos quais foram geradas durante a sessão;
- Escolher e deixar clara a forma de condução do *brainstorming*, ou seja, se ele será através da contribuição um a um, onde após uma idéia inicial todos devem contribuir com a sua opinião acerca do tema, ou se será livre, onde após a exposição inicial qualquer pessoa que tenha uma contribuição pode falar inclusive complementando uma abordagem realizada por outro membro da equipe.
- Revisar a lista de idéias de forma deixar claro para todos os membros o significado de cada idéia e eliminar idéias duplicadas ou aquelas cuja aplicação seja impraticável.

O desempenho da equipe segundo Oliveira (1996) pode ser monitorado através da evidência relevante dos fatores-chave.

- Fluência: É esperada a geração de um número significativo de idéias independente da qualidade das mesmas;
- Flexibilidade: Idéias que pertençam a diferentes categorias demonstram que a equipe atingiu um bom nível de abrangência;
- Originalidade: Capacidade da equipe em formular idéias inovadoras sobre a temática abordada;
- Percepção: Expansão da visão do grupo, ou seja, a geração de idéias que vão além da obviedade;
- Impulsividade: Fator atingido através do completo rompimento dos formalismos e das críticas, onde cada membro se sente completamente livre para pensar sem qualquer receio de objeção ou medo de errar.

Segundo Mattos (1998), durante o desenvolvimento da sessão alguns critérios devem ser tomados para melhorar os resultados alcançados durante o *brainstorming*, são eles:

- Nenhum julgamento ou crítica deverá ser realizado durante a manifestação da opinião de cada membro;
- As idéias devem buscar a inovação, evitando aquelas que já foram abordadas;
- O coordenador da reunião deve marcar um tempo para a geração de idéias que, em geral, varia de 5 a 10 minutos;
- O responsável pela listagem das idéias pode fazê-la em um quadro visando facilitar a geração de associações pelos integrantes da equipe;
- Nenhum membro da equipe deve receber tratamento diferenciado, reduzindo assim fatores de inibição que possam surgir.

Pode-se utilizar esta ferramenta em diferentes etapas do processo de solução de problemas, desde na listagem por possíveis causas raízes da anomalia até na busca por soluções que possam reduzir ou eliminar o problema.

### 2.2.2 Gráfico de Pareto

Definição: É uma ferramenta que clarifica se existem fatores acerca do tema abordado que são mais significativos do que os outros.

Através do particionamento do problema em componentes menores e de uma disposição ordenada, é possível identificar quais são os principais fatores a serem inicialmente atacados e concentrar esforços na solução dos problemas mais significativos.

A Figura 2.1 ilustra as rejeições no mês 1, como se pode verificar a causa principal de refugo é o defeito 1 que deverá ser minimizada e no gráfico do mês seguinte (Fig. 2.2) demonstra-se o surgimento de novos fatores a serem melhorados e a eficácia de soluções implantadas para a minimização do defeito 1.

Como se pode observar no gráfico de Pareto há o uso de três eixos, onde este terceiro corresponde ao valor do percentual acumulado dos itens mostrados no gráfico.

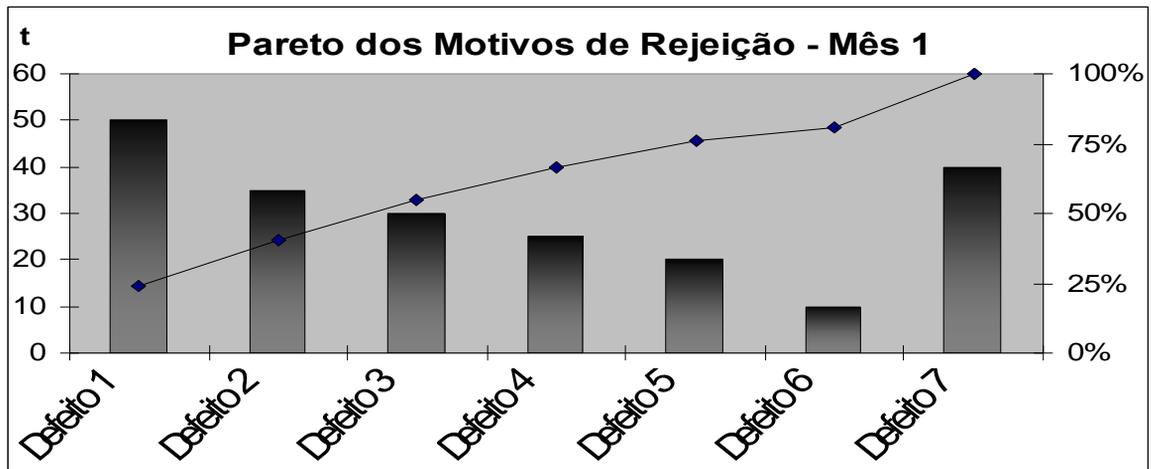


Figura 2.1 Pareto dos Motivos de Rejeição – Mês 1

Fonte: O Autor (2008)

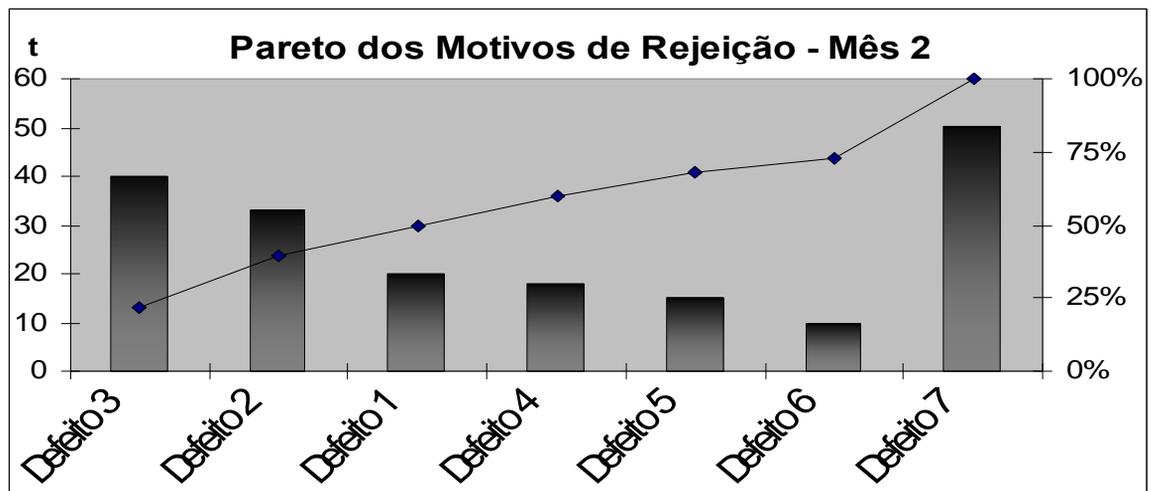


Figura 2.2 Pareto dos Motivos de Rejeição – Mês 2

Fonte: O Autor (2008)

### 2.2.3 Histograma

Definição: Gráfico que demonstra a frequência como determinado valor ocorre (Oakland, 1994), através do histograma é possível determinar padrões de ocorrência.

A construção do gráfico é realizada através da associação do eixo das abscissas com os intervalos dos dados representados, tendo no eixo das ordenadas as frequências de ocorrência de cada intervalo.

No exemplo mostrado na Figura 2.3 tem-se a distribuição dos tempos de *Setup*, onde se pode aferir que o tempo médio de *Setup* era de 4,2 min no mês 1 e após a implantação de melhorias neste ponto a distribuição melhorou e foi para 3,7 min no mês 2 (Fig. 2.4).

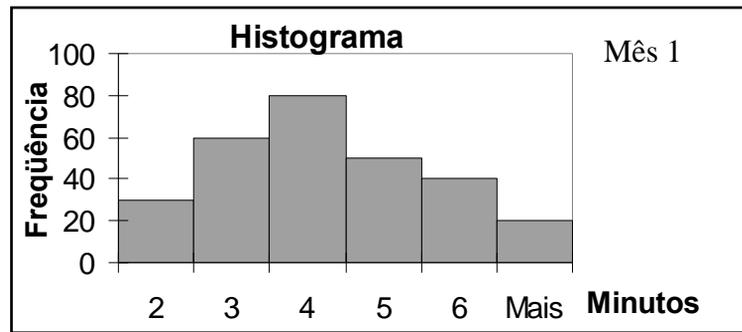


Figura 2.3 Histograma – Mês 1

Fonte: O Autor (2008)

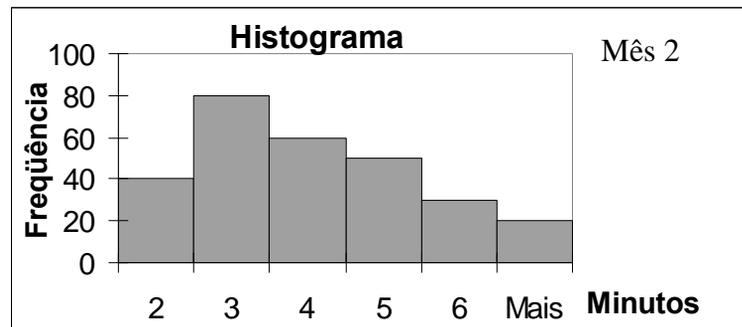


Figura 2.4 Histograma – Mês 2

Fonte: O Autor (2008)

Na construção de histogramas utilizam-se barras verticais ou horizontais para comparar quantidades de itens relacionados, ou seja, realizar um confronto entre entidades diferentes ou de uma mesma entidade em períodos diferentes. As duas formas básicas destas ferramentas são:

- **Agrupado:** Onde se estratifica um valor inicial para cada barra em vários grupos diferentes que são postos lado a lado em cada ponto do eixo das abscissas (Colunas). Conforme o exemplo mostrado na Figura 2.5, têm-se os principais defeitos que impactaram em rejeição para uma linha de produtos e a partir desta estratificação pode-se definir qual ponto deve-se analisar primeiro.

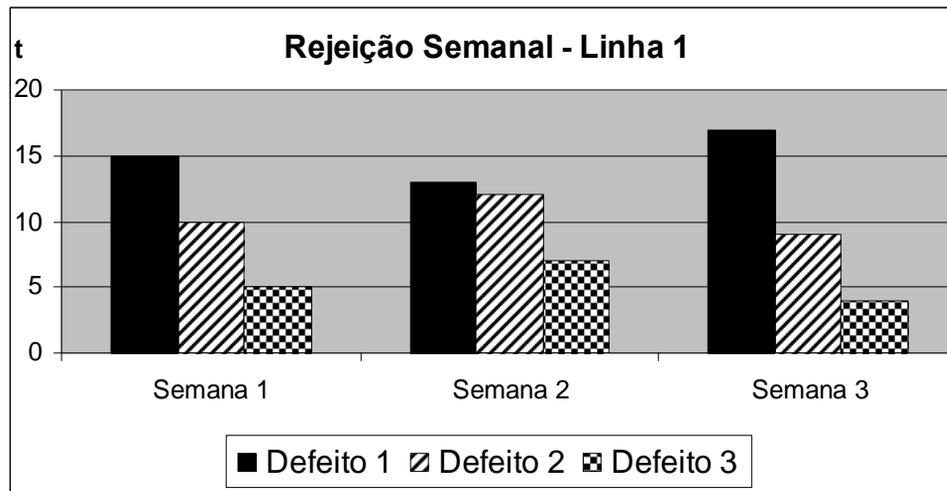


Figura 2.5 Rejeição Semanal Agrupado – Linha 1  
Fonte: O Autor (2008)

- Empilhado: Outra forma de composição da informação é utilizando uma única barra ou coluna e os demais valores são empilhados acima da informação inicial, desta maneira a comparação entre as entidades é realizada pela aferição do tamanho de cada subgrupo. O exemplo na Fig.2.6 mostra o mesmo tipo de informação que fora visto no exemplo anterior (Fig. 2.5), porém como o gráfico é visualmente menos carregado pode-se agregar um histórico de informações maior do que no modo agrupado.

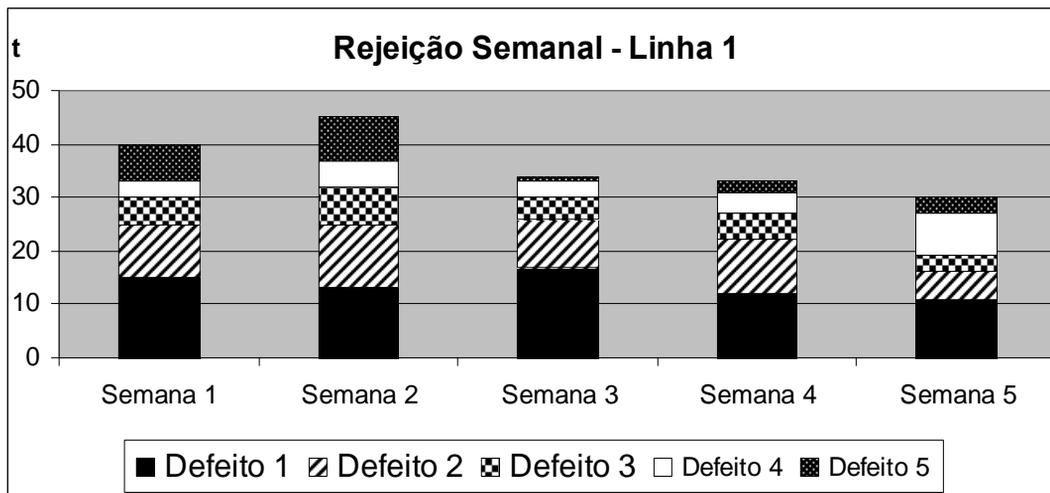


Figura 2.6 Rejeição Semanal Empilhado – Linha 1  
Fonte: O Autor (2008)

### 2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

Definição: Ferramenta que busca a identificação de fatores (causas) que culminam em determinado efeito. O diagrama possui uma aparência gráfica semelhante a uma espinha de peixe, alcunha pela qual a ferramenta também é conhecida, no qual através de um *brainstorming* anterior são definidas causas prováveis primárias e secundárias para o efeito e estas são posteriormente ordenadas em classes e subclasses do processo produtivo.

A construção é iniciada com a determinação do efeito que se deseja analisar e junto ao mesmo uma seta horizontal para associar as classes das causas do mesmo. São seis as categorias, também denominadas dos 6 M's, em que as causas são classificadas, sendo as duas últimas as menos comuns na análise de problemas, conforme o exemplo da Figura 2.7:

- Máquina: Quando um componente do sistema (equipamento) não trabalha nos padrões especificados;
- Matéria-prima: Acontece ao se agregar material que foi determinado como não - conforme ao processo;
- Mão-de-obra: Ocorre quando há um método, mas ele não foi seguido por falta de capacidade ou de envolvimento;
- Método: Constata-se quando há ausência ou deficiência de padrões para o processo, ou seja, falha nos procedimentos e instruções de trabalho;
- Medida: Ocorre quando há uma falha relacionada ao sistema de medição como o instrumento;
- Meio-ambiente: Acontece quando ocorre uma falha associada ao meio-ambiente como variações climáticas

Em cada categoria têm-se os motivos de primeiro nível, porém podem existir causas mais intrínsecas que culminem nesta causa de primeiro nível, então estas são denominadas de causas de segundo nível e assim sucessivamente até se chegar as causas raízes do efeito estudado.

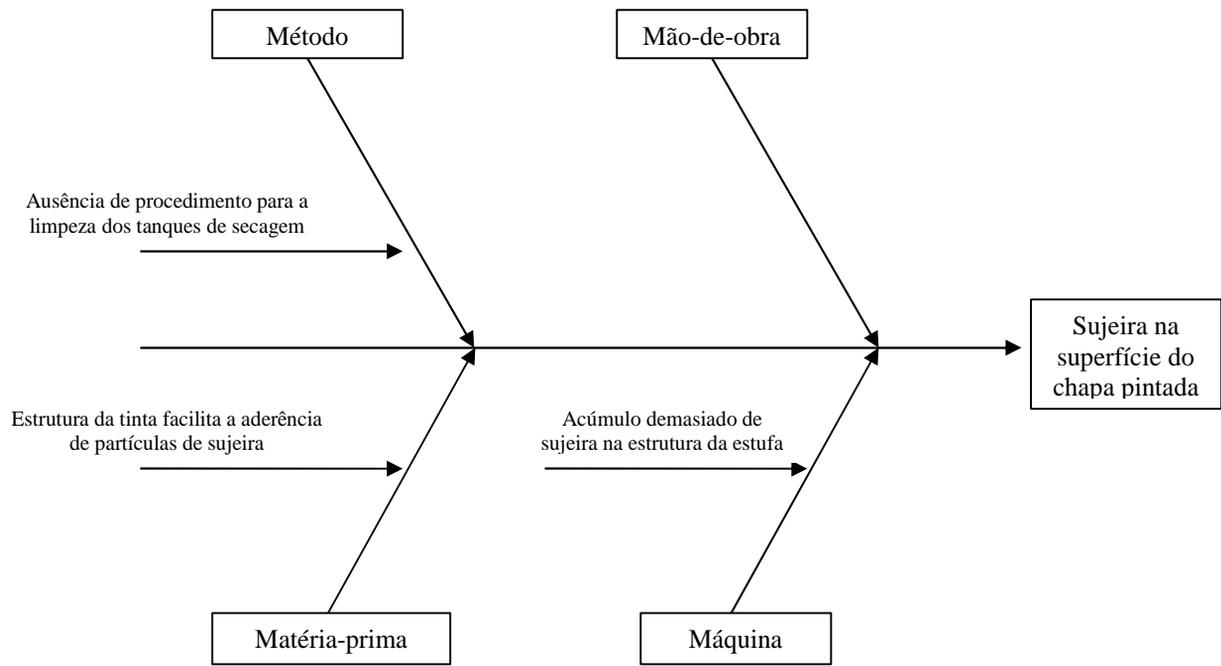


Figura 2.7 Exemplo de Diagrama Causa e Efeito  
 Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2007)

Além da aplicação na busca por causas raízes Paladini (1994) cita que esta ferramenta também é utilizada na análise de falhas, perdas, inadequação do produto à sua demanda, na perenização de melhorias acidentais ou na estruturação de decisões para manter ou eliminar determinada situação.

### 2.2.5 Cinco Porquês

Definição: É uma ferramenta de análise também conhecida como “por que por que” e que se baseia no questionamento constante das respostas que são obtidas visando identificar a causa raiz do problema.

Parte-se de uma causa direta da falha, informação obtida por ferramentas utilizadas anteriormente como um *brainstorming* ou um Ishikawa e busca-se o questionamento seguido da ocorrência daquele fato. Podendo uma mesma causa ter mais de um motivo gerador e ao final da análise se espera encontrar a causa raiz da anomalia que deve, ao ser solucionada, evitar ou minimizar a ocorrência deste problema.

O exemplo mostrado na Fig. 2.8 parte de um problema de risco mecânico na superfície superior da chapa de alumínio e cuja causa foi esmiuçada através da ferramenta dos cinco porquês e cuja causa raiz foi descoberta (falha no projeto do equipamento) e que foi

solucionada através de uma intervenção da equipe de engenharia modificando a concepção do projeto e incluindo uma proteção que evita o contato do óleo com os componentes dos rolamentos do conjunto de rolos Bridle do Laminador.



Figura 2.8 Exemplo de Análise dos Cinco Porquês

Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2007)

### 2.2.6 5W e 1H

Definição: Série de perguntas cujas respostas propiciam a descrição clara de um fenômeno. Utilizado comumente na solução de problemas durante a fase de apreciação inicial e de entendimento da situação atual, ver exemplo mostrado na Tabela 2.1.

São seis questionamentos a serem efetuados:

1. *What* (O que – Material): Identificar a ocorrência de um determinado fenômeno ou determinadas variações que estejam relacionadas aos materiais utilizados na produção, como por exemplo, variações dimensionais;
2. *Where* (Onde – Máquina): Evidenciar variações que estejam relacionadas a máquinas, equipamentos e componentes, avaliando em quais pontos há problemas no equipamento e quais as variações associadas ao uso de novas ferramentas;
3. *When* (Quando – Período de Tempo): Avaliar se há variações no tempo e no período, ou seja, determinar se o problema acontece no início no trabalho, durante quais operações acontecem os problemas, verificar a tendência de o problema ocorrer após o *setup* ou se existe qualquer diferença temporal que esteja associada ao problema;
4. *Who* (Quem – Pessoas): Identificar desigualdades entre as pessoas envolvidas na operação, ou seja, verificar existência de variações entre os turnos ou entre operadores novatos e experientes;

5. *Which* (Qual – Transcorrer do Tempo): Avaliar a existência de tendências históricas, ou seja, se o problema tende a diminuir ou aumentar com o decorrer do tempo;
6. *How* (Como – Modo de Defeito): Identificar as circunstâncias propícias à ocorrência do problema, ou seja, se o modo de defeito se apresenta aleatoriamente ou gradualmente, se possui localização específica ou se aparece com intervalos regulares.

Plano de Ação		Meta: Aumentar Rendimento da Linha X			
What	Who	When	Where	Which	How
Reduzir incidência do defeito A na linha de produtos X	Bianca Silva	31/01/08	Máquina de Pintura	A incidência do defeito A aumentou 10% no último ano	Levantamento das oportunidades nos parâmetros de processo da máquina de pintura

Tabela 2.1 Exemplo de 5W e 1H

Fonte: O Autor (2008)

### 2.2.7 Fluxograma

Definição: É a representação gráfica de um processo e que, desta forma, visa facilitar a visualização do mesmo através de uma apresentação pictográfica do seqüenciamento de suas etapas. Nesta ferramenta são utilizados símbolos padronizados que possuem significados convencionados como espera ou transporte. É utilizado tanto para uma análise mais detalhada de cada passo do processo, buscando eliminar etapas desnecessárias e identificar pontos críticos que necessitam de um maior cuidado durante o processo de fabricação.

Esta ferramenta é também utilizada para auxiliar no treinamento de novos colaboradores ou na realização de uma nova atividade, pois devido a sua simplicidade e a disposição visual a tarefa de aprendizagem é facilitada.

## 2.3 Etapas do MASP

O método de análise e solução de problemas proposto por Kelly (1992) é composto por cinco etapas, são elas: Identificar o Problema, Analisar, Avaliar Alternativas, Teste Piloto e Padronizar. A seguir será detalhada cada uma destas etapas.

### 2.3.1 Identificar o Problema

O passo inicial para a eliminação das anomalias é a clara identificação de situações anormais que constituam um problema e que possam ser melhoradas visando um incremento no desempenho da empresa. Se, por exemplo, um operador realiza o processamento de um

produto a uma velocidade de 300m/min como saber se isto constitui um problema? Para tanto é necessário definir padrões de trabalho para cada atividade, então caso a velocidade padrão para este processo seja de 400m/min há uma situação que pode ser tratada e que representará ganho para a organização. Mas se este mesmo processamento foi realizado a 500m/min sem quaisquer problemas de qualidade também existe uma oportunidade para a determinação de novos padrões e contínua melhoria dos processos.

Estes padrões não são somente as especificações técnicas solicitadas pelos clientes, como por exemplo, tolerâncias dimensionais ou acabamento de um produto, são também os pontos de controle de qualidade e do processo que foram determinados, tais como nível de ruído e temperatura.

Na maioria das organizações identificar anomalias é simples, basta que algum parâmetro esteja fora do padrão definido, no entanto, despender esforços atacando todos os problemas da organização é uma alternativa inviável devido à inevitável escassez de recursos e o ineficiente ataque as múltiplas causas raízes. Para melhorar a utilização dos recursos é interessante focar em anomalias que causam transtornos ao cliente, tendo em vista o grande diferencial das empresas é a satisfação dos mesmos. Segundo Philip Kotler (2000) clientes meramente satisfeitos mudam facilmente de fornecedor diante de uma oferta melhor, enquanto consumidores altamente satisfeitos estão menos propensos a mudar.

Os problemas que afetam o cliente são aqueles que divergem das especificações técnicas descritas pelo mesmo no ato do desenvolvimento do produto, mas também compreendem requisitos que embora não estejam claramente descritos afetam a aplicação final do produto.

É interessante uma situação onde um defeito é bastante problemático para uma determinada aplicação e completamente inofensivo para outra. Ocorre no caso de atrito no acabamento superficial de chapa de alumínio, onde uma aplicação do cliente em transformadores impacta num grande risco e, portanto este defeito é significativamente grave, enquanto na hipótese do cliente utilizar para defletores de calor não há problema, pois o próprio cliente irá manusear o material de forma a riscar a superfície do metal.

A partir do claro entendimento dos padrões a serem seguidos é notório que qualquer anomalia detectada no produto terá a sua causa mais facilmente encontrada quando constatadas variações anormais sobre os padrões estabelecidos.

Em termos de produtividade é interessante que o fluxo de produção seja restabelecido o mais rápido possível após a ocorrência da anomalia. E para que esta restauração ocorra de forma eficaz e célere é necessário o desenvolvimento de uma cadeia de ajuda (Figura 3.1) que liste as pessoas a serem envolvidas durante um evento inesperado juntamente com o

cronograma com o tempo decorrido desde o início do episódio. Desta forma, além do fluxo de produção não ser seriamente comprometido, as pessoas responsáveis pela análise e eliminação dos problemas terão ciência plena do mesmo.

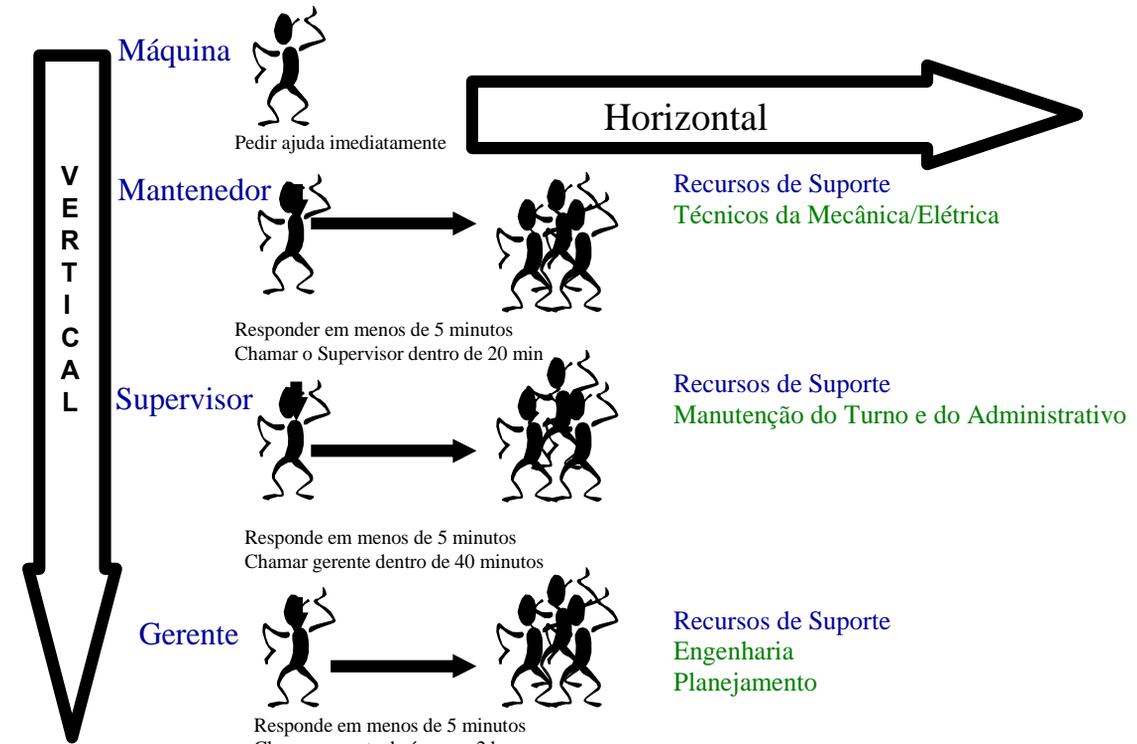


Figura 2.9 Exemplo de Cadeia de Ajuda

Fonte: O Autor (2008)

Uma vez que o problema foi identificado é necessário defini-lo claramente, pois é notório que um problema bem definido já está parcialmente resolvido. Percepções genéricas são pouco úteis à investigação, é essencial que uma atuação *in loco* seja desenvolvida para se observar claramente a anomalia e descrevê-la com o máximo de detalhes possíveis, bem como a coleta de fatos que serão relevantes na análise do problema.

Dados históricos são essenciais para uma análise mais precisa, a equipe deve coletar o máximo de informações acerca da anomalia envolvida desde a frequência que ocorre o problema até análises antigas já realizadas sobre o problema, pois estes dados auxiliarão de forma incisiva na solução destas anomalias com o devido suporte numérico requerido para uma solução científica.

A definição do impacto deste problema é bastante importante, devendo ser claramente demarcado o que se está tentando resolver e qual a dimensão do benefício que será adquirido com a solução deste problema. Pois, o efeito financeiro da anomalia impacta diretamente os custos que serão gastos na solução da mesma, dado que não se deve gastar mais na implantação da solução do que os ganhos que a mesma irá oferecer.

Pode-se constatar que esta etapa não termina com a simples identificação, pois se devem mostrar as oportunidades de melhoria em termos quantitativos e que demonstrem o impacto da solução deste problema, para tanto é necessário possuir dados históricos sobre o problema e utilizar algumas das ferramentas da qualidade para reunir as informações necessárias (Listas de verificação, Gráficos de linha e coluna, Pareto, Histogramas são os mais utilizados na identificação do problema).

A saída desta etapa de definição do problema é uma declaração que contenha as informações necessárias de forma concisa, ou seja, qual o equipamento, qual parte da máquina, o que ocorreu e o que não ocorreu, bem como informações quantificadas que descrevam o padrão solicitado, a situação atual, o desvio do padrão, o impacto nos negócios, qual a frequência, e demais informações que sejam necessárias na realização da análise.

As diretrizes de uma definição de problema adequada passam por quatro pontos:

- Ser específico, ou seja, descrever o problema de forma clara e concisa;
- Descrever o problema e não o sintoma, pois se forem definidos sintomas estará clara a existência de outros problemas, a análise completa que ocorre no segundo passo determinará se o que foi definido é uma causa ou um sintoma;
- Relatar a diferença entre a situação atual e a desejada;
- Não descrever soluções, nesta etapa antes da busca da causa raiz não se deve apontar soluções e sim focar na definição da situação problema.

Na próxima etapa deve-se encontrar a causa raiz do problema, para tanto, é necessário reunir uma equipe com habilidades variadas, desde a operação, supervisores até engenheiros especialistas, de forma a contemplar todos os setores envolvidos e todos aqueles que possam colaborar na solução do problema.

### 2.3.2 Analisar

A segunda etapa é a da análise do problema e identificação das causas desta anomalia. Estas causas são comumente conhecidas como causas raízes que são as razões básicas para a ocorrência do problema. Se a causa raiz é eliminada o problema ou a última porção dele é também removido.

Identificar causas raízes é comumente difícil porque os sintomas do problema frequentemente parecem com as causas raízes, e apesar dos sintomas serem a evidência de que o problema existe, a eliminação destes não implica que a anomalia não irá se repetir.

Quando o problema é examinado, muitas idéias vêm à tona como causas do problema. Estas premissas são algumas vezes acuradas, porém outras vezes não. É essencial investigar

cada idéia sem se limitar às premissas iniciais e permitindo que outras causas sejam descobertas.

Identificar as causas raízes requer pesquisa e análise de dados relacionados, pois os dados provêm um guia para as ações e contramedidas a serem tomadas. Os dados são convertidos em informações e a partir destas as melhores decisões são tomadas.

São quatro as diretrizes para a coleta de dados:

- Estabelecer um objetivo antes de coletar os dados, isto irá direcionar a coleta para os dados relevantes e melhorar a organização visando maior utilidade das informações;
- Coletar todos os dados necessários, pois um número razoável de dados irá melhorar o desempenho da análise;
- Determinar se os indicadores são confiáveis, pois se a fonte desta informação não for acurada o valor analítico se torna questionável (calibragem dos equipamentos e um método consistente de medição são formas de aumentar a confiabilidade destes dados); rastrear todos os dados necessários para a análise;
- Arquivar os dados cuidadosamente, isto irá evitar retrabalhos futuros, isto é conseguido a partir de um ordenamento consistente dos dados, que pode ser, por exemplo, por data ou por lote de fabricação.

Ao se analisar os dados coletados, deve-se ter em mente que pode haver várias causas raízes e que, portanto, devem-se coletar dados suficientes para se identificar todas as causas raízes do problema.

Algumas das ferramentas de qualidade úteis na identificação de causas raízes são *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa e Gráfico de Pareto.

A verificação de cada causa raiz é uma ação que visa confirmar qualquer premissa levantada sobre o problema identificado, e é realizada através do isolamento da causa a ser verificada, da conseqüente redução ou eliminação desta causa e, por último, a determinação do efeito de cada ação gerada sobre o problema.

Se o problema é quantitativamente reduzido ou eliminado, então a causa raiz foi identificada. Caso o efeito desejado pela ação não aconteça e melhoria quantitativa, portanto, não for evidenciada então a causa raiz deste problema não foi identificada e uma complementação da análise é necessária.

Quando o problema possui mais de uma causa raiz é importante determinar qual destas causas mais impacta o problema e deve-se inicialmente atacá-la. Tendo em vista que o foco adequado dos recursos disponíveis é essencial para uma melhor utilização dos mesmos, bem como uma redução do problema mais significativa, pois o ataque concentrado na principal

causa pode trazer mais resultados que um ataque com recursos pulverizados em todas as causas dos problemas. O gráfico de Pareto pode auxiliar na determinação da causa principal do problema, ou seja, aquela que inicialmente terá uma concentração de recursos maior.

### 2.3.3 Avaliar alternativas

Nesta etapa devem-se identificar ações que reduzam ou eliminem a causa raiz do problema. Inúmeras opções já foram identificadas antes desta etapa, porém é uma falha comum se limitar às alternativas já levantadas, pois podem surgir neste momento ações mais efetivas e menos custosas.

Como diretrizes no desenvolvimento de soluções pode-se destacar:

- Ser criativo: Identificar tantas ações potenciais quanto possível, pois ter muitas alternativas para solucionar a questão é valioso para se definir qual delas é mais eficiente e qual é a menos custosa;
- Não se restringir às práticas atuais: O adágio popular “sempre fizemos assim” é algo a ser expelido da mente quando se quer solucionar problemas, pois a quebra de paradigma é essencial à organização. Segundo Topscott (1995) uma mudança de paradigma é fundamentalmente uma nova maneira de ver alguma coisa;
- Ser incentivador: Uma grande barreira no desenvolvimento de novas idéias é a reação negativa das outras pessoas. Quando à reação inicial é desfavorável as pessoas tendem a se retrair, enquanto no caso oposto as pessoas tendem a compartilhar plenamente os pensamentos da solução. Segundo Andersen (2002) durante uma etapa de levantamento de alternativas não se deve discutir, criticar ou julgar idéias, apenas incentivar o aparecimento de novas idéias.

Após desenvolver uma lista razoável alternativas de soluções para o problema, devem ser selecionadas aquelas que reduzem ou eliminem a causa raiz verificada. Para tanto, é necessário avaliar a potencial eficácia de cada ação comparando-as segundo os critérios:

- Eficácia: Deve verificar se a solução já foi tentada antes, se resolveu totalmente ou parcialmente o problema e se as melhorias propostas foram obtidas;
- Praticidade: Se a ação proposta é implementável;
- Velocidade: Quão rápido a melhoria será implantada e se a ação é de curto, médio ou longo prazo;
- Orientação ao Cliente: Avaliar se a alternativa atende aos requisitos do cliente que foram identificados;

- Eficiência: Ponderar se a relação custo / benefício da solução é satisfatória.

Deve-se ter em mente que mais de uma ação pode ser necessário para alcançar a meta estabelecida, no entanto, a revisão da meta estabelecida pode ser realizada para um objetivo que reflita de forma mais realista a necessidade do negócio.

Após selecionar as ações é necessário planejar a implementação das mesmas, ou seja, avaliar os quatro elementos principais que são comuns à maioria dos processos:

- Pessoas: Definir quais pessoas serão requisitadas para implementar a idéia;
- Materiais: Determinar se a solução requer materiais novos, quem serão os fornecedores e qual equipe irá buscar estes materiais;
- Métodos: Como as pessoas envolvidas aprenderão a colocar a idéia em prática. Se a solução requer uma alteração na forma como os processos são realizados é imprescindível um treinamento com todas as pessoas envolvidas.
- Máquina: Se a solução exigir novos componentes ou equipamentos é preciso definir os recursos para a aquisição e como serão treinados os que precisam operar o aparelho.

Antes de desenvolver o plano formal é interessante ponderar qualquer fator que possa representar um obstáculo na implementação bem-sucedida das soluções, o que inclui analisar contramedidas imediatas contra os potenciais obstáculos às ações.

No planejamento é essencial ter o objetivo definido de forma clara, visando o perfeito entendimento de todos os envolvidos, bem como cada atividade ter o responsável designado e com as datas estabelecidas de forma a facilitar futuras ações de acompanhamento da execução das tarefas solicitadas.

#### 2.3.4 Teste piloto

Este passo é o um dos processos mais esperados na solução do problema, pois é quando o plano de ação é de fato implementado e é possível observar o valor do trabalho realizado em prol da melhoria da anomalia.

Em um primeiro teste o plano deve ter a aprovação da supervisão ou direção da empresa e devem ser observadas oportunidades que favoreçam uma melhoria na eficácia da solução.

Mesmo com um plano de ação bem desenvolvido é comum encontrar dificuldades não previstas, ou seja, é preciso seguir algumas diretrizes que auxiliem a solução a ser eficaz, são elas:

- Comunicar o plano: Garantir que qualquer pessoa afetada pela solução entenda a razão pela qual a mesma está sendo executada. Persuadindo as pessoas

envolvidas irá facilitar significativamente a aceitação da mudança realizada pela solução;

- Monitorar a execução do plano: Assegurar que as soluções estejam sendo implantadas de acordo com as definições do plano. Verificando os elementos envolvidos, ou seja, materiais, treinamento e suporte.
- Ajudar mutuamente: Procurar caminhos que auxiliem as pessoas envolvidas na implementação da solução. Reconhecer que as soluções trazem mudanças e que estas podem representar dificuldades para a equipe. Segundo Topscott (1995) as pessoas tendem a questionar tudo que venha a alterar a forma de como os processos são realizados atualmente, e que para a organização alcançar o sucesso é preciso romper estas barreiras mentais.
- Ajustar quando necessário: Caso o plano não alcance os resultados desejados, deve-se determinar o porquê e realizar os ajustes. Pode ser necessária uma grande alteração no plano e deve-se considerar quem e o que será impactado, então as atividades de alteração deverão ter envolvimento destas pessoas selecionadas.

A forma mais convincente de provar a eficácia das soluções implementadas é mostrando melhorias mensuráveis, ou seja, utilizar indicadores através das ferramentas da qualidade, dentre as quais, as mais usuais para esta função são: gráficos de Pareto e gráficos de linha e coluna.

No entanto, nem sempre há uma melhoria ou eliminação do problema em questão e isto ocorre por vários motivos, dentre os quais os mais comuns são: a pobre definição do problema, análise imprecisa ou verificação das causas raízes inadequadas. Se no teste piloto os objetivos de melhoria não foram alcançados é necessário voltar a etapas anteriores, partindo da definição do problema a ser atacado e realizar uma busca por erros não contemplados anteriormente.

### 2.3.5 Padronizar

Deve-se garantir que as soluções sejam permanentes. Para tanto, é necessário que a melhoria não seja apenas durante o processo investigativo, pois, neste período as atividades estão sendo realizadas de forma mais cuidadosa, ou seja, ao retornar o ritmo normal de produção o problema irá reaparecer.

Após verificar que a solução de fato atingiu os efeitos desejados, é comum haver um monitoramento descontínuo, pois não há mais holofotes sobre a questão a ser resolvida. No entanto, para que o problema não ocorra novamente é essencial que estas soluções sejam

incorporadas à rotina do trabalho, e a manutenção destes ganhos pode seguir os seguintes passos:

- Realizar checagem periódica: Avaliar se os indicadores estão estabilizados;
- Elucidar as atividades no trabalho: Desenvolver fluxograma de como o trabalho será realizado;
- Desenvolver procedimentos: Procedimentos permitem que outras pessoas entendam como realizar de forma padronizada aquela determinada atividade;
- Conferir responsabilidades: Assegurar que todos os envolvidos com a atividade revisada saibam realizar a tarefa segundo o procedimento específico que garante que as atividades sejam estáveis na produção de produtos com qualidade.

A etapa final da padronização concerne à expansão da solução para outros locais. Visando a multiplicação dos ganhos através da aplicação da melhoria em outras atividades, para isso, é essencial o uso do *Brainstorming* para avaliar o potencial de aderência da idéia a outros ambientes. Eventualmente a solução não poderá ser repetida para circunstâncias diversas, no entanto, é comum haver um potencial ganho com a replicação da solução para outros casos. Deve-se fornecer uma lista com os possíveis locais de replicação para a entidade aprovadora da solução.

## **3 ESTUDO DE CASO**

### **3.1 Introdução**

Tendo como base os conceitos expostos no capítulo anterior, se faz necessário a aplicação dos mesmos em um ambiente fabril para avaliar a eficácia da metodologia de análise e solução de problemas.

No exemplo que segue será visto que uma fonte significativa de retrabalho pode ser significativamente reduzida caso a empresa aplique o MASP e tenha auxílio das principais ferramentas da qualidade.

### **3.2 A empresa**

A organização instalou-se no Brasil em 1965, no estado de Minas Gerais com uma unidade em Poços de Caldas. Em 1980 adquiriu a uma empresa concorrente que possuía uma unidade em Pernambuco, que hoje é responsável pela unidade de negócio desta empresa com maior diversidade na América Latina.

A empresa produz perfis extrudados naturais e anodizados, laminados e tampas plásticas. Os perfis atendem setores de construção civil, indústria elétrica, automotivo, fabricação de máquinas e equipamentos. Os laminados são destinados aos setores farmacêutico, alimentício, automobilístico, naval, têxtil e eletrodoméstico. A fábrica de tampas produz soluções à base de polipropileno para o mercado de lacre de garrafas plásticas.

A corporação é uma empresa reconhecida por ser socialmente responsável e se destaca pelo respeito que tem ao meio ambiente, inclusive recebendo distinções como uma empresa sustentável. A organização está invariavelmente avaliando seus processos e as matérias-primas utilizadas visando minimizar a geração e emissão de resíduos no meio ambiente, bem como destiná-los ao um fim adequado. Preocupa-se do mesmo modo com as comunidades no seu entorno com as quais freqüentemente desenvolve projetos sociais.

Com a visão empresarial de ser a melhor do mundo tanto para cliente como para seus empregados, a empresa baseia suas práticas em sete valores. Que são:

- Integridade – O alicerce da organização é a integridade de seus funcionários, que possuem relacionamento amistoso e confiável com clientes, fornecedores, colaboradores, acionistas e com a comunidade onde opera;

- Saúde Segurança e Meio Ambiente (SSMA) – A empresa trabalha com segurança e de forma a proteger e promover a saúde e o bem estar das pessoas que nela trabalham e do meio ambiente;
- Clientes – A companhia contribui para o sucesso dos clientes com a criação de valor singular, por meio de soluções inovadoras em produtos e serviços;
- Excelência – Todos na empresa buscam a excelência todos os dias em tudo o que fazem;
- Pessoas – A organização desenvolver um ambiente que promove a inclusão das pessoas respeitando as diferenças de cada individuo e dando semelhante oportunidade de sucesso a todos.
- Lucratividade – A empresa gera retornos financeiros sustentáveis, que permitem crescimento rentável e que resultam em significativo valor agregado para os acionistas que nela investirem.
- Responsabilidade – A companhia é responsável, individualmente e em equipes, pelo comportamento dos colaboradores, bem como pelas ações e resultados que estes realizem.

A empresa possui é um conjunto integrado de ferramentas utilizadas para controlar os negócios da companhia. Ele não é voltado somente para a produção, mas aplicável a todas as atividades e áreas da companhia.

Uma destas ferramentas concerne à solução de problemas e esta ferramenta será mais bem explorada neste estudo de caso.

### **3.3 Análise do Problema de Retrabalho**

É sabidamente conhecido que o retrabalho é uma fonte significativa de desperdício na organização, uma vez que ao ser novamente reprocessada o material não terá mais valor adicionado, apenas mais custo o será incorporado.

A Laminação de Chapas criou um grupo de melhoria focado na redução deste problema e inicialmente foi realizado um gráfico de Pareto com os motivos de ocorrência de retrabalho em chapas e o gráfico obtido foi o ilustrado na Figura 3.1:

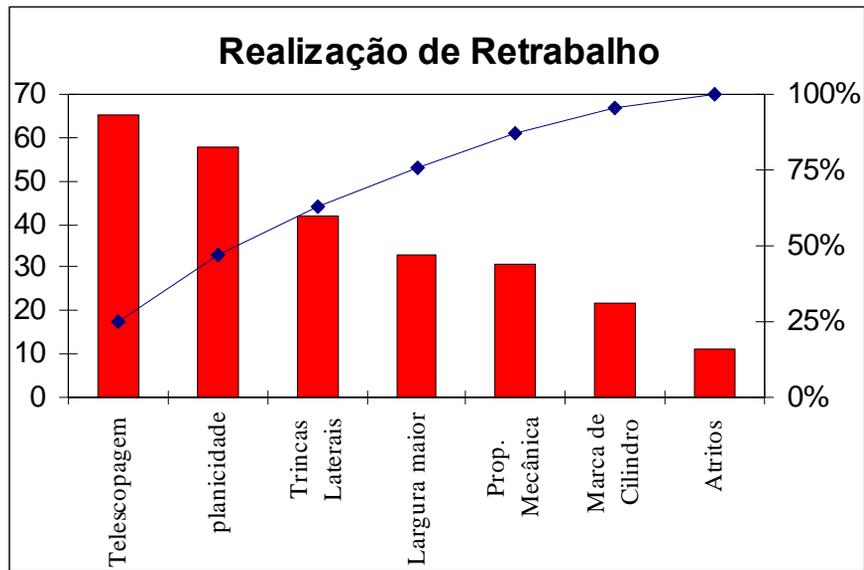


Figura 3.1 Pareto dos Motivos de Retrabalho Antes das Melhorias

Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2006)

Como se pode observar a principal causa de retrabalho é o telescopamento. É necessário saber em quais máquinas este problema ocorre com maior frequência para atuar de forma focada e solucionar nesta máquina o problema em questão.

Para tanto se faz necessário um desmembramento das máquinas onde ocorrem tais retrabalhos, obteve-se então o gráfico de Pareto da Figura 3.2:

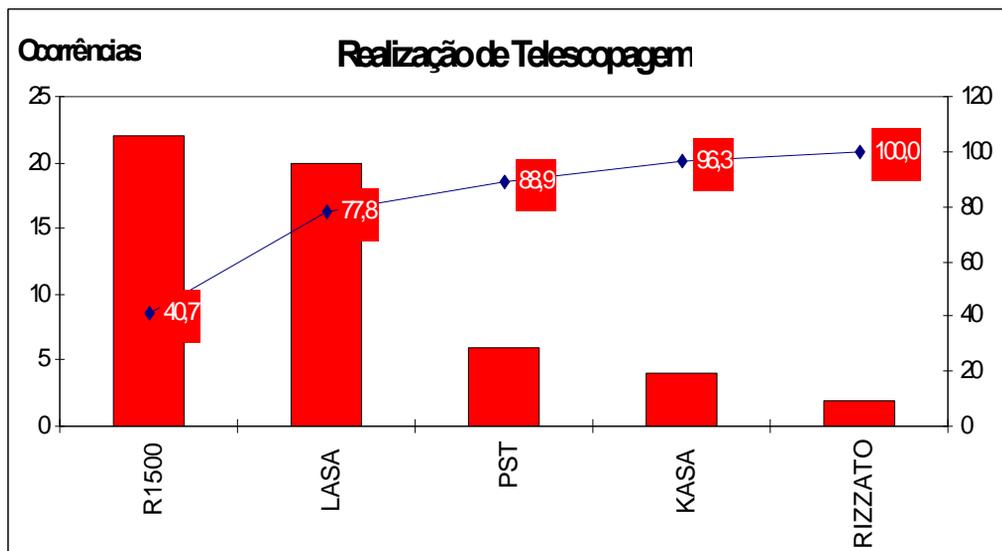


Figura 3.2 Pareto dos Locais de Ocorrência de Retrabalho Antes das Melhorias

Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2006)

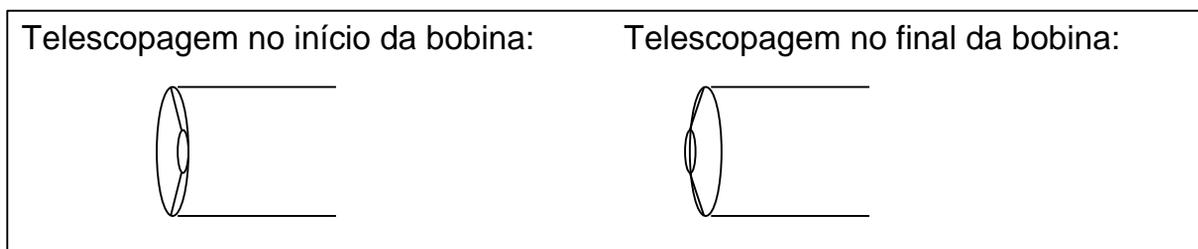
Com isso, pode-se concluir que uma atuação efetiva na Refiladeira 1500 irá solucionar uma parcela significativa do problema.

A laminação de chapas utiliza um formulário específico para análises que é um compêndio de algumas ferramentas importantes e que serve como memória na ocorrência de futuros problemas correlatos ao analisado.

Este formulário é denominado de análise de causa raiz (ACR) e está ilustrado nos Anexos 1 (Frente) e 2 (Verso).

Como se pode observar na primeira parte deste formulário se faz necessário o preenchimento dos dados de identificação do problema, da pessoa e local onde o problema foi detectado, no caso a ser estudado foi na Refiladeira 1500 e o problema foi identificado pela equipe de melhoria focada da empresa.

A descrição é realizada logo após a identificação e neste caso foi por um motivo de retrabalho denominado telescopamento que é um desalinhamento da bobina que ocorre no bobinamento ou desbobinamento do material, conforme mostra a Figura 3.3.



*Figura 3.3 Exemplos de Telescopagem*

*Fonte: O Autor (2008)*

Tanto a descrição do problema como o preenchimento dos dados iniciais faz parte da primeira etapa do método de solução de problemas, ou seja, a identificação clara da oportunidade de melhoria.

Antes de iniciar a análise propriamente dita do problema é interessante demonstrar o que o problema acarreta no cliente, visando um maior entendimento do grupo a respeito do problema a ser analisado.

Caso chegue ao cliente um material com este tipo de defeito, haverá no mínimo uma reclamação formal e possivelmente uma devolução do mesmo. Uma bobina telescopada quando for desbobinada na máquina do cliente irá apresentar um desalinhamento na máquina, ou seja, o metal sofrerá deslocamentos horizontais durante o seu curso no equipamento que a desbobinar. Estes deslocamentos poderão causar falhas no processamento, visto que o cliente deverá cortar, estampar ou prensar este material e este deslocamento irá causar falhas de estampagem, corte ou prensagem parcial neste processamento (Figura 3.4).

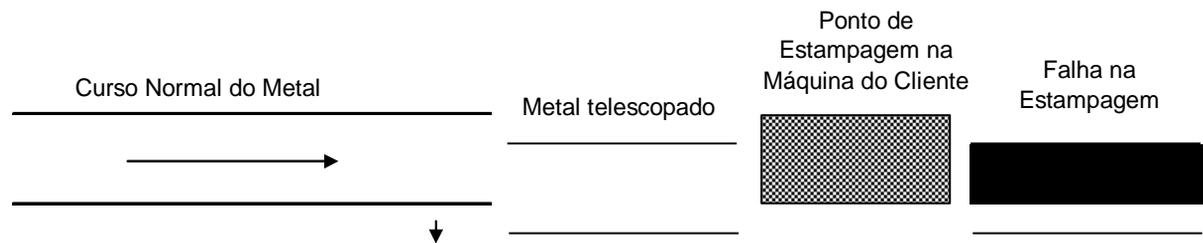


Figura 3.4 Telescopagem no Cliente

Fonte: O Autor (2008)

A próxima etapa do método é a análise do problema e definição das causas raízes, para tanto foram utilizadas duas ferramentas: *Brainstorming*, onde houve o levantamento das causas prováveis do problema; e, posteriormente, foi utilizada a ferramenta Cinco Porquês (Figura 3.5) sobre as causas prováveis levantadas no *brainstorming*, conforme descrito no verso da ACR (Anexo 2).

No desenvolvimento da ferramenta foram levantados dois modos de defeitos primários, o telescopamento no início da bobina e no final da bobina, que foram avaliados de forma distinta.

No primeiro caso foi observado que a telescopagem era sempre relacionada à uma folga do material no curso da máquina e que esta folga era sempre do lado operador, ou seja, aquele lado que está mais próximo do painel de operação. Esta falha foi relacionada a uma folga no mandril do desbobinador (componente da máquina que serve de suporte da bobina).

Infelizmente foi constatado que a máquina trabalha numa capacidade acima da nominal definida pelo fabricante e devido a uma decisão gerencial esta nova carga não pode ser alterada. No entanto, percebeu-se que havia oportunidades quanto a um desgaste excessivo dos componentes e um plano de inspeção para o desbobinador.

Na hipótese de telescopagem no final da bobina, percebeu-se que havia um aumento da tensão sempre que o diâmetro era alto e que não havia como compensar este diâmetro. Um segundo “porquê” foi levantado acerca de falha no conversor do motor do bobinador, mas a hipótese foi descartada após alguns testes.

Modos de Defeito	Causas Potenciais									
	1o Porquê	Verif.	2o Porquê	Verif.	3o Porquê	Verif.	4o Porquê	Verif.	5o Porquê	Verif.
Telescopagem no início de bobina	Folga do material do lado operador	✓	Desalinhamento do mandril desbobinador	✓	Folga no mancal	✓	Desgaste das engrenagens e dos rolamentos	✓	Trabalho acima da capacidade nominal	✓
							Não existe um plano de inspeção do desbobinador	✓		
					Folga no guia do desbobinador	✓	Não existe um plano de inspeção do desbobinador	✓		✓
Telescopagem no final da bobina	Aumento da tensão no bobinador com o aumento do diâmetro	✓	Não existe compensação de diâmetro	✓		✓		✓		✓
			Falha no conversor do motor do bobinador	⊘						

Figura 3.5 Cinco Porquês da Telescopagem

Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2006)

Com a realização dos Cinco Porquês, foi finalizada a etapa de análise do problema (segunda etapa do método descrito no segundo capítulo) e foram avaliadas algumas alternativas (Etapa da avaliação de alternativas).

Estas alternativas se basearam em ações tanto corretivas quanto preventivas que atuaram principalmente no desbobinador da Refiladeira 1500. Para tanto foi realizado novamente um *brainstorming*, porém envolvendo a equipe de manutenção e a equipe de projetos para avaliar a viabilidade das idéias levantadas.

Foram definidas as seguintes ações corretivas e preventivas:

#### Ações Corretivas

- Corrigir dimensional do mancal;
- Reapertar o guia do desbobinador;
- Criar procedimento de redução da tensão do bobinador com o aumento do diâmetro.

#### Ações Preventivas

- Reprojeter o conjunto bobinador e desbobinador para a nova carga;
- Incluir a inspeção dimensional do mancal no Plano de Inspeção Sistemática;
- Incluir inspeção de folga do desbobinador no Plano de Inspeção Sistemática;
- Instalar sistema de compensação de diâmetro.

Os executantes das ações definiram um prazo coerente para a implementação destas ações.

O teste piloto (Quarta etapa no método de solução de problemas) destas alterações foi a própria Refiladeira 1500 que era a principal causadora deste defeito.

Após alguns meses estas alterações foram realizadas com sucesso na Refiladeira 1500, pois as ações foram monitoradas e mais de 90% foram realizadas dentro do prazo estipulado. Com isso o índice de retrabalho por telescopagem caiu significativamente nos seis primeiros meses do ano como pode ser observado no gráfico representado na Figura 3.6.

Dando continuidade ao método de solução de problemas é preciso padronizar a solução e perenizá-la (Quinta etapa do método). Para tanto foram desenvolvidos procedimentos e instruções de trabalho na área operacional (Redução manual da tensão com o aumento do diâmetro) e na área da manutenção (Inspeções periódicas e corretivas), assim como foram conferidas responsabilidades para a realização desta atividade às equipes de operação e de manutenção mecânica.

Diante dos resultados positivos já alcançados, a etapa de padronização foi finalizada com a expansão das oportunidades levantadas, devidamente ajustadas a realidade de cada equipamento, para outras máquinas que também apresentavam problema de telescopamento em menor ocorrência (LASA, PST, KASA e Refiladeira Rizzato),

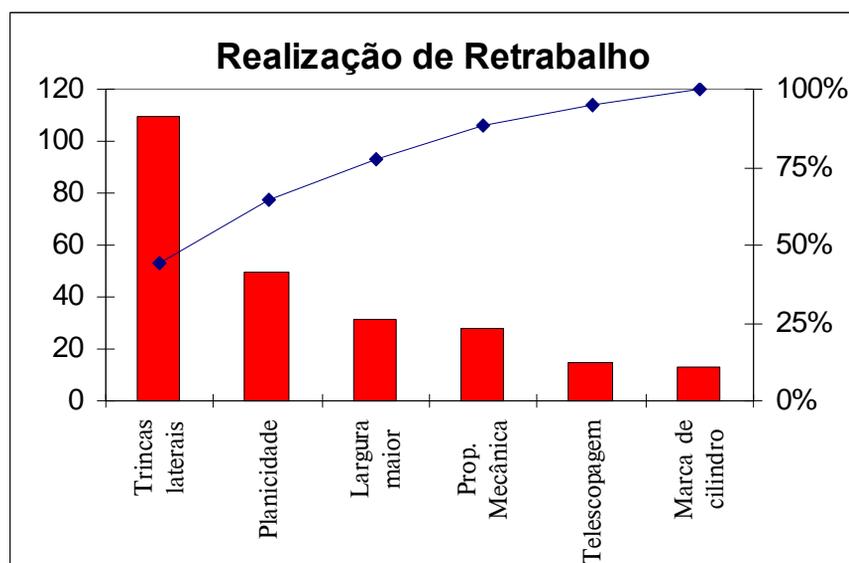
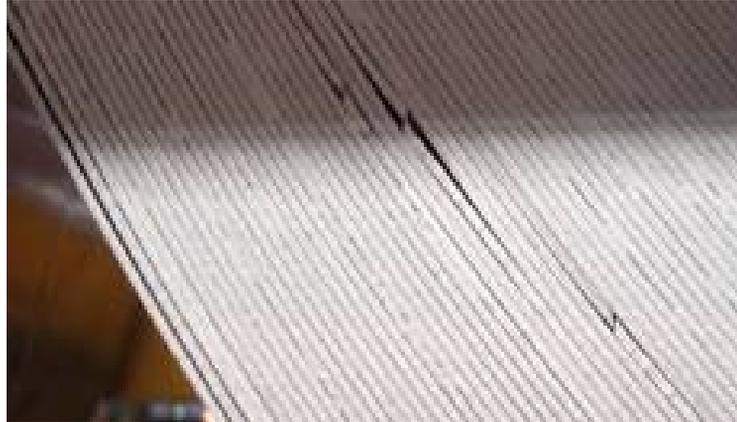


Figura 3.6 Pareto dos Motivos de Retrabalho Após as Melhorias

Fonte: Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa (2007)

No entanto, como pode ser observado outro defeito (Trincas Laterais) subiu drasticamente neste período, e, portanto, este deverá ser o novo ponto a ser focado nas próximas ações de melhoria contra os retrabalhos e o método retornará ao Passo 1 (Identificação do Problema).

Este problema está ilustrado na Figura 3.7 e ocorre durante o processo de laminação. As trincas representam fissuras de até 10 mm na lateral do metal, esta anomalia representa uma causa potencial de ruptura da lâmina nos processos de produção seguintes. O aproveitamento da total da largura fica comprometido e, portanto, é necessário retrabalhar o material de forma a eliminar uma parte da largura da bobina (até eliminar completamente as trincas).



*Figura 3.7 Exemplo de Trincas Laterais*

*Fonte: O Autor (2008)*

### **3.4 Conclusão do Estudo de Caso**

Contatou-se então que uma correta aplicação da metodologia de análise e solução neste caso resultou numa melhoria significativa do problema que foi trabalhado. O indicador mostra que o retrabalho por telescopagem caiu 70% após a implementação, indo de 65 toneladas anuais para menos de 20 toneladas.

Verificou-se, no entanto, que novos problemas surgiram ou se agravaram no período. O defeito de trincas laterais que representavam a terceira voz no Pareto de retrabalho antes das melhorias (Fig. 3.1) com cerca de 40 toneladas, após o período se agravou para 110 toneladas e será necessário atuar nele para reduzir o retrabalho total da organização.

Portanto, não há fim para esta corrida na busca da melhoria. Sempre haverá novos problemas surgindo e que necessitam ser atacados e o diferencial que marcará a sobrevivência da empresa no mercado será a capacidade de solucionar estes problemas e atingir um patamar de defeitos menor do que as empresas concorrentes.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **4.1 Conclusões**

A execução deste trabalho foi de imenso valor para o profundo e amplo entendimento da ferramenta de solução de problemas. Esta metodologia é utilizada pelas organizações visando facilitar o entendimento das anomalias e auxiliando na busca por soluções definitivas para os problemas que prejudicam a qualidade dos produtos da empresa.

É de conhecimento geral que todas as organizações possuem problemas em diversas esferas. A resolução destas anomalias implica um diferencial competitivo em relação aos concorrentes e conseqüentemente uma forma da empresa melhorar continuamente no tempo.

Esta velocidade na solução dos problemas que constantemente surgem é uma característica essencial para que as organizações sobrevivam no mercado, pois até mesmo empresas consideradas intocáveis podem ser ameaçadas caso não respondam rapidamente as mudanças que constantemente acontecem e que trazem novos problemas que devem ser resolvidos (CAMPOS, 1994).

A Toyota, referência mundial em gestão industrial, adota que cada colaborador deve ser um solucionador de problemas. Desta forma, os colaboradores assumem responsabilidades e recebem treinamentos de capacitação específicos sobre a resolução de problemas cotidianos e desta forma, ajudam a manutenção do sistema de gestão da Toyota como uma referência mundial em sistemas de produção.

Como foi discorrido neste trabalho de conclusão de curso, o essencial para que a empresa seja um diferencial na resolução de problemas é a utilização de uma metodologia adequada. Um consagrado roteiro empregado na análise de problemas foi descrito no Capítulo 3 e nele, constam cinco etapas a serem seguidas para um correto uso da metodologia de análise de problemas. Cada uma destas etapas contém atividades a serem realizadas, bem como diretrizes fundamentais para uma adequada execução das mesmas.

Para auxílio desta metodologia seja no âmbito da identificação ou da análise se faz necessário o uso de ferramentas da qualidade que subsidiem uma análise mais consistente, assim como o emprego de gráficos que facilitem o entendimento da anomalia pelos participantes da equipe de investigação. Para impulsionar o resultado das análises foram descritas no Capítulo 2 algumas destas ferramentas que deverão ser utilizadas nas várias etapas do processo de solução de problemas.

A sobrevivência da empresa no mercado mundial é obtida pela busca constante da excelência. Esta é obtida através com um alto nível de competitividade e uma cultura de

solução dos problemas rápida e eficiente. A luta para perpetuar o negócio é um dever de cada integrante da organização, onde cada membro deve buscar uma visão crítica e auxiliar na resolução das dificuldades que são inerentes a todas as corporações (CAMPOS, 1994).

Os objetivos pretendidos no início deste trabalho foram plenamente alcançados, haja vista que os princípios sobre a solução de problemas foram abordados com a amplitude necessária. Por meio do estudo de caso a aplicação desta ferramenta se mostrou eficaz e proporcionou uma significativa melhoria no problema estudado.

## **4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros**

Sugerem-se estudos complementares a este que contemplem a resolução de problemas relacionados a outros setores da fábrica, como por exemplo, a área de gestão autônoma de equipamentos.

A utilização da metodologia de análise e solução de problemas aplicados na gestão diária de equipamentos, incluindo a definição de gatilhos para o início de investigações que podem estar atrelados a produção, ao tempo de máquina parada ou a uma quantidade de refugo gerada por cada um dos equipamentos.

Pode-se também realizar estudos que envolvam outras ferramentas avançadas de identificação e resolução de problemas como o Kaizen Blitz, TPM e Sistemas de sugestões.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDERSEN, Bjørn, et al. Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques, Milwaukee, ASQ Quality Press, 2000;

CATTANI, Antonio David (Organizador), Dicionário Crítico sobre trabalho e tecnologia, Porto Alegre, Ed. Vozes, 2002;

CAMPOS, Vicente Falconi, TQC: Controle da Qualidade Total, Belo Horizonte, Ed. QFCO, 1994;

GRIFO, Equipe, A Metodologia de Análise e Solução de Problemas, São Paulo, Ed. Pioneira, 1995;

KELLY, Michael R., Everyone's Problem Solving Handbook, Portland, Productivity Press, 1992;

KOTLER, Philip, Administração de Marketing, São Paulo, Ed. Prentice Hall, 2000;

LATINO, Robert, Root Cause Analysis, Boca Raton, CRC Press, 2002;

MATTOS, Ronaldo, Análise Crítica de uma Metodologia de Solução de Problemas na Prestação de Serviços, Florianópolis, Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Setor de Gestão da Qualidade e Produtividade, UFSC, 1995.

MOREIRA, Daniel A., Administração da Produção e Operações, São Paulo, Pioneira; 1999;

OAKLAND, John S. Gerenciamento da qualidade total - TQM: o caminho para aperfeiçoar o desempenho. Tradução de Adalberto Guedes Pereira. São Paulo: Nobel, 1994;

OLIVEIRA, Sidney Teylor de. Ferramentas para o aprimoramento da qualidade. 2ª ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1996;

PALADINI, Edson Pacheco. Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. São Paulo: Atlas, 1994;

REID, R. Dan & SANDERS, R. Nada, Gestão de Operações, São Paulo: 1ª edição LTC, 2005;

SLACK, Nigel, et al. Administração da Produção, São Paulo, Atlas, 1995;

TOPSCOTT, Don, et al. Mudança de Paradigma, Tradução Pedro Catunda, São Paulo, Makron Books, 1995;

# ANEXO 1 – Formulário de ACR (Frente)

ANÁLISE DE CAUSA RAIZ		Disposições Imediatas																																																				
<p style="text-align: center;"><b>Identificação do Problema</b></p> <p>Equipamento: _____</p> <p>Nome: _____ Matrícula: _____</p> <p>Matrícula: _____</p> <p>Problema: _____</p> <p style="text-align: center;"><b>Situação Atual</b></p> <p>(descreva o problema com a máxima paridade de detalhe, especificando a parte da máquina, quando aplicável, quem estava envolvido, etc.)</p> <p style="text-align: center;"><b>Causas Prováveis</b></p> <p>(monte as causas prováveis para o problema - hipotese. Use diagrama de causa e efeito ou brainstorming)</p>		<p style="text-align: center;">Nº de Cadastro</p> <p style="text-align: center;"><b>Disposições Imediatas</b></p> <p>(Indicare as falhas para reestabelecer a normalidade, por quem e quando)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; font-weight: bold;">Plano de Ação</th> </tr> <tr> <th style="width: 60%;">Ação</th> <th style="width: 20%;">Quando</th> <th style="width: 20%;">Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">[ ] \$ [ ] N</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">Equipe de Análise</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Nome</th> <th style="width: 50%;">Matrícula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">Aprovação / Verificação</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Supervisor, Superintendente ou Gerente da Área</th> <th style="width: 50%;">Perdas classificadas como "qualidade" devem ser verificadas pelo responsável de qualidade da área após aprovação</th> </tr> <tr> <td>Nome: _____</td> <td>Nome: _____</td> </tr> <tr> <td>Matrícula: _____</td> <td>Matrícula: _____</td> </tr> <tr> <td>Assinatura: _____</td> <td>Assinatura: _____</td> </tr> <tr> <td>Função: _____</td> <td>Função: _____</td> </tr> </thead> </table>	Plano de Ação			Ação	Quando	Status			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N			[ ] \$ [ ] N	Equipe de Análise		Nome	Matrícula							Aprovação / Verificação		Supervisor, Superintendente ou Gerente da Área	Perdas classificadas como "qualidade" devem ser verificadas pelo responsável de qualidade da área após aprovação	Nome: _____	Nome: _____	Matrícula: _____	Matrícula: _____	Assinatura: _____	Assinatura: _____	Função: _____	Função: _____
Plano de Ação																																																						
Ação	Quando	Status																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
		[ ] \$ [ ] N																																																				
Equipe de Análise																																																						
Nome	Matrícula																																																					
Aprovação / Verificação																																																						
Supervisor, Superintendente ou Gerente da Área	Perdas classificadas como "qualidade" devem ser verificadas pelo responsável de qualidade da área após aprovação																																																					
Nome: _____	Nome: _____																																																					
Matrícula: _____	Matrícula: _____																																																					
Assinatura: _____	Assinatura: _____																																																					
Função: _____	Função: _____																																																					

## ANEXO 2 – Formulário de ACR (Verso)

<b>Análise de 5 Porquês</b>					
Causa direta					
1º Porquê	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2º Porquê	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3º Porquê	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4º Porquê	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5º Porquê	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Causa confirmada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
<b>Classificação das Perdas</b> <input type="checkbox"/> Tempo Produtivo <input type="checkbox"/> Velocidade <input type="checkbox"/> Qualidade - Rejeição Interna <input type="checkbox"/> Qualidade - Rejeição Externa <input type="checkbox"/> Qualidade - Retrabalho / Desvio <input type="checkbox"/> Controle de Processo			<b>Observações / Informações Complementares</b>  		