

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS LEAN SEIS SIGMA  
PARA EMPRESAS DE PEQUENO E MÉDIO  
PORTE**

Bruno Truglio Saliba  
Eric Tiaki Endo Lima

São Paulo  
2008

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS LEAN SEIS SIGMA  
PARA EMPRESAS DE PEQUENO E MÉDIO  
PORTE**

Trabalho de formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Graduação em Engenharia

Bruno Truglio Saliba  
Eric Tiaki Endo Lima

Orientador: Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

Área de Concentração:  
Engenharia Mecânica

São Paulo  
2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

Saliba, Bruno Truglio  
Lima, Eric Tiaki Endo

Aplicação de conceitos Lean seis sigma para empresas de pequeno e médio porte / B.T. Saliba e E.T.E. Lima – São Paulo, 2008.  
115 p.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Qualidade 2.Controle Estatístico da Qualidade 3.Manufatura Enxuta.  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer a todos que possibilitaram a execução deste trabalho: nossas famílias, amigos e professores.

Obrigado,

Bruno e Eric

## RESUMO

O propósito deste trabalho é estudar a aplicação da metodologia Lean Seis Sigma em empresas de pequeno e médio porte. Historicamente verifica-se uma ampla utilização dessa metodologia em empresas de grande porte, enquanto as menores quase nunca tiram proveito desse tipo de abordagem. Essa disparidade será tema central na conclusão deste trabalho após tentar implementar o Lean Seis Sigma nas empresas escolhidas. O primeiro passo foi um estudo profundo da literatura disponível do assunto de modo a permitir que adaptássemos a metodologia para a realidade de empresas menores com uma abordagem DMAIC aliada a conceitos de manufatura enxuta. As duas empresas escolhidas são um fabricante de meias e outro de luminárias, sendo este de médio porte e aquele de médio, ao final do trabalho serão comparadas as conclusões e descobertas sobre a aplicação em ambas as empresas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this paper is a survey about the application of Lean six sigma methodology in small and medium size companies. Historically there has been wide utilization of this methodology among big corporations, while smaller ones barely never take the advantages of this sort of approach. This disparity shall be on the spotlight conclusion of this paper after trying to make Lean six sigma take place on two smaller companies. The first step taken in this survey was deep understanding of the available literature about the subject, thereby allowing us to adapt the concepts top the reality of smaller companies with DMAIC approach attached to Lean concepts. The two companies select are one small socks manufacturer and a medium size luminary manufacturer. At the end of this project we'll compare our findings and conclusions between the two companies.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1. HISTÓRIA DO LEAN SEIS-SIGMA .....	10
1.2 INTRODUÇÃO ÀS FERRAMENTAS .....	13
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1. SEIS SIGMA.....	15
2.2. MANUFATURA ENXUTA (LEAN MANUFACTURING).....	17
2.3. LEAN SEIS-SIGMA .....	22
<b>3. EMPRESAS .....</b>	<b>25</b>
3.1. ITAIM ILUMINAÇÃO .....	27
3.1.1 <i>Descrição e Abordagem</i> .....	27
3.1.2 <i>Fluxograma</i> .....	31
3.1.3 <i>Determinação das Possíveis Causas do Problema</i> .....	35
3.1.4 <i>Análise das Possíveis Soluções e Análise Financeira</i> .....	71
3.1.5 <i>Aplicação de Conceitos de Manufatura Enxuta</i> .....	75
3.1.6 <i>Conclusões</i> .....	83
3.2 SARRA LTDA. ....	85
3.2.1 <i>Descrição e Abordagem</i> .....	85
3.2.3 <i>Determinação das Possíveis Causas do Problema</i> .....	90
3.2.4 <i>Análise das Possíveis Soluções e Análise Financeira</i> .....	103
3.2.5 <i>Aplicação de Conceitos da Manufatura Enxuta</i> .....	106
3.2.6 <i>Conclusões</i> .....	113
3.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS LEAN SEIS SIGMA..	114
<b>4. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURA 3.1 FLUXOGRAMA ITAIM .....	30
FIGURA 3.2 DOBRADEIRA AUTOMÁTICA.....	32
FIGURA 3.3 MÁQUINA DE SOLDA .....	32
FIGURA 3.4 TRATAMENTO TÉRMICO.....	33
FIGURA 3.5 PINTURA .....	34
TABELA 3.1 PERCENTUAL DE ERROS POR ETAPA .....	35
GRÁFICO 3.1 DIAGRAMA DE PARETO DAS ÁREAS - ITAIM.....	36
GRÁFICO 3.2 DIAGRAMA DE PARETO DAS ETAPAS - ITAIM .....	37
GRÁFICO 3.3 DIAGRAMA DE PARETO DA METALURGIA - ITAIM .....	38
GRÁFICO 3.4 DIAGRAMA DE PARETO DO ACABAMENTO - ITAIM.....	39
GRÁFICO 3.5 COMPARAÇÃO RETRABALHO-SUCATA .....	47
GRÁFICO 3.6 DIAGRAMA DE PARETO DOS COMPONENTES RETRABALHO .....	49
GRÁFICO 3.7 DIAGRAMA DE PARETO DOS COMPONENTES RETRABALHADOS SIGNIFICATIVOS .....	50
GRÁFICO 3.8 DIAGRAMA DE PARETO ALETAS-CHAPA RETRABALHADAS POR SETOR .....	52
GRÁFICO 3.9 DIAGRAMA DE PARETO LUMINÁRIAS RETRABALHADAS POR SETOR .....	53
GRÁFICO 3.10 DIAGRAMA DE PARETO DOS COMPONENTES SUCATADOS.....	55
GRÁFICO 3.11 DIAGRAMA DE PARETO DOS COMPONENTES SUCATADOS SIGNIFICATIVOS .....	56
GRÁFICO 3.12 DIAGRAMA DE PARETO ALETAS-CHAPA SUCATADAS POR SETOR.....	58
GRÁFICO 3.13 DIAGRAMA DE PARETO DAS LUMINÁRIAS SUCATADAS POR SETOR.....	59
GRÁFICO 3.13 DIAGRAMA DE PARETO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE PROBLEMAS NA MONTAGEM.....	64
GRÁFICO 3.14 DIAGRAMA DE PARETO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE PROBLEMAS NA ESTAMPAGEM .....	66
FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE ISHIKAWA POSSÍVEIS CAUSAS DAS FALHAS DIMENSIONAIS .....	68
GRÁFICO 3.15 DIAGRAMA DE PARETO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE FALHAS DIMENSIONAIS .....	69
TABELA 3.2 ECONOMIA EM MATÉRIA PRIMA ALETA.....	72
TABELA 3.3 ECONOMIA EM MATÉRIA PRIMA LUMINÁRIAS.....	72
TABELA 3.4 COMERCIALIZAÇÃO DE MERCADORIA PERDIDOS.....	73
TABELA 3.5 FLUXO DE CAIXA DA PROPOSTA .....	73
TABELA 3.6 ANÁLISE DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO E ESPERA LUMINÁRIA 3320.....	76
FIGURA 3.6 LUMINÁRIA MODELO 3320 .....	76
TABELA 3.7 ANÁLISE DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO E ESPERA LUMINÁRIA 3790.....	77
FIGURA 3.7 LUMINÁRIA MODELO 3790 .....	77
TABELA 3.8 ANÁLISE DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO E ESPERA LUMINÁRIA 3517.....	78
FIGURA 3.8 LUMINÁRIA MODELO 3517 .....	78
TABELA 3.9 ANÁLISE DOS TEMPOS DE PRODUÇÃO E ESPERA E COEFICIENTES DE EFICIÊNCIA .....	79
TABELA 3.10 ANÁLISE DO PROCESSO DE CORTE LUMINÁRIA 3790 .....	81
TABELA 3.11 ANÁLISE DO PROCESSO DE PRENSA LUMINÁRIA 3790 .....	81
TABELA 3.12 ANÁLISE DO PROCESSO DE CORTE E COEFICIENTES DE EFICIÊNCIA LUMINÁRIA 3790 .....	81
FIGURA 3.2.1 MACRO FLUXOGRAMA SARRA .....	85

FIGURA 3.2.2 FLUXOGRAMA SARRA .....	87
FIGURA 3.2.3 MÁQUINA DE TEAR AUTOMÁTICA .....	88
FIGURA 3.2.4 ENFORMADEIRA .....	89
GRÁFICO 3.2.1 DIAGRAMA DE PARETO DOS FENÔMENOS - SARRA.....	91
FIGURA 3.2.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA POSSÍVEIS CAUSAS DE MEIAS DEFEITUOSAS .	92
GRÁFICO 3.2.2 DIAGRAMA DE PARETO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE QUEBRA DO FIO ..	94
FIGURA 3.2.6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA POSSÍVEIS CAUSAS DE QUEBRA DO FIO.....	95
GRÁFICO 3.2.3 DIAGRAMA DE PARETO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE POSSÍVEIS CAUSAS DE RISCO NAS MEIAS .....	97
FIGURA 3.2.7 DIAGRAMA DE ISHIKAWA POSSÍVEIS CAUSAS DE RISCO NA MEIA .....	98
GRÁFICO 3.2.4 DIAGRAMA DE PARETO DAS CAUSAS DE QUEBRA DA AGULHA.....	101
TABELA 3.2.1 TOTAL DE MEIAS PERDIDAS POR ANO COM QUEBRA DA AGULHA.....	104
TABELA 3.2.2 TOTAL DE MEIAS PERDIDAS POR ANO COM QUEBRA DO FIO.....	104
TABELA 3.2.3 ECONOMIA COM AGULHAS .....	104
TABELA 3.2.4 CUSTO DA MATÉRIA PRIMA.....	105
TABELA 3.2.5 FLUXO DE CAIXA DA PROPOSTA .....	105
TABELA 3.2.6 PRODUÇÃO POR MÁQUINA MARÇO/2008 .....	107
TABELA 3.2.6 PRODUÇÃO POR MÁQUINA ABRIL/2008 .....	108
TABELA 3.2.7 PRODUÇÃO POR MÁQUINA MAIO/2008 .....	109
GRÁFICO 3.2.5 PRODUÇÃO POR MÁQUINA .....	110
GRÁFICO 3.2.6 PRODUÇÃO POR MÁQUINA DESCONSIDERANDO MARÇO .....	110
FIGURA 3.2.4 ENFORMADEIRA .....	112

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. História do Lean Seis-Sigma

A metodologia Seis-Sigma foi desenvolvida pela empresa Motorola na década de 1980 quando o presidente da época da empresa exclamou “nossa qualidade fede”, assim evidenciando que os métodos de controle e gestão da qualidade eram obsoletos e precisavam ser aprimorados. Dessa busca por uma revolução na qualidade surgiu o Seis-Sigma que a princípio era um processo estatístico de mensurar e minimizar falhas sendo a busca pelo padrão de 3,4 erros por milhão de possíveis ocorrências de erro a meta a ser alcançada Bill Smith foi quem cunhou esse termo na época engenheiro de qualidade da Motorola isso se deve ao fato dessa quantificação de erro representar numa curva normal de distribuição o espaçamento de seis sigmas desde a média como meta de sucesso nos processos.

Assim a princípio era praticamente uma métrica a denominação Seis-Sigma, porém atualmente ela se desenvolveu em uma metodologia de gestão que visa melhorar todos os processos e até reinventar a estrutura organizacional. Após o grande sucesso da Motorola que passou a obter índices invejáveis de qualidade na indústria acumulando maiores rentabilidades e valorização de suas ações sendo que em 2004 o faturamento chegou a aumentar 42% e impressionantes 257% no lucro por ação sobre o primeiro trimestre do ano anterior. Entretanto mesmo antes dos resultados serem tão pungentes e evidentes a Motorola já havia começado a disseminar sua metodologia criando centros de treinamento que inclusive atendiam outras empresas e disseminar sua metodologia por toda cadeia produtiva.

Dessa Forma Jack Welch um dos mais renomados administradores da história e ex-presidente da GE introduziu e revitalizou o Seis-Sigma em sua empresa com treinamento ostensivo, criando cargos somente para gestão e manutenção da metodologia e consagrando assim o Seis-Sigma como novo modelo de qualidade das empresas, estima-se que em 1999 os retornos financeiros foram de 1,5 bilhão de dólares e o lucro operacional subiu de 14,8% em 1996 para 18,9% em 2000, somente

devido aos impactos dos investimentos e aplicações da metodologia Seis-Sigma, vale ressaltar que parar a GE os erros são considerados como variações sensíveis ao usuário final e não como qualquer variação na especificação, isso demonstra como somente uma aplicação coerente da metodologia pode gerar resultados ao invés de metas inalcançáveis e subsequente frustração das expectativas da empresa.

Quando aplicado o Seis-Sigma é esperado que melhore dramaticamente a qualidade do processo sob sua metodologia, algo em torno de no mínimo 70%, sendo um método contínuo que determina o que deve ser aprimorado, mede os possíveis erros, apoiado em ferramentas e análises estatísticas levanta os processos com margem de melhora significativa, propõe e implementa melhorias e por fim monitora continuamente os resultados garantindo melhorias endêmicas e sistêmicas e não surtos de bons resultados. Aliado ao Seis-Sigma existe a mentalidade “Lean” de Produção, baseada no sistema Toyota de produção visa identificar e priorizar o foco no cliente, ou seja, intensificar as etapas que agregam valor ao produto e minimizar as demais.

As bases dessa mentalidade residem primeiramente em definir o que implica valor, nesse tópico o primeiro paradigma a ser suplantado é o de que a empresa tem o poder de definir o quanto vale seu produto, mas essa função cabe justamente ao consumidor, cabe assim a empresa o papel de identificar as necessidades do cliente e encontrar soluções a um preço que este esteja disposta a pagar, a partir dessa premissa torna-se muito mais simples saber quais as etapas do processo produtivo devem ser priorizadas, com uma melhoria contínua dos processos e qualidade, assim evitar desperdícios e conseqüentemente maximizar o lucro.

A partir dessa ponte já pode ser criado um fluxo de valor, outro dos pilares do sistema Lean de produção. Nesta etapa devem ser classificados todos os processos como: agregadores reais de valor, os que não geram valor, mas são indispensáveis para a manutenção da produção e da qualidade e por fim os que simplesmente não agregam valor, devendo este ser totalmente eliminado.

Após se re-delimitarem os processos, deve ser elaborado um fluxo contínuo com as etapas restantes, isto consiste em minimizar os tempos de concepção dos produtos eliminando ou minimizando tempos ociosos e estoques visando atender quase instantaneamente as necessidades do cliente.

Isso implica na inversão do fluxo produtivo, ou seja, ao invés de se produzir e depois se preocupar em vender os produtos com promoções, só deve ser mediante demanda, assim tem-se a produção puxada. Em suma uma etapa, processo ou produto só será efetuado mediante uma necessidade.

Por fim o último pilar do sistema Lean é a busca da perfeição da produção, link no qual se podem inserir a mentalidade e técnicas Seis-Sigma.

Assim da junção destas duas escolas produtivas se desenvolveu o Lean Seis-Sigma que visa tanto atender as necessidades do cliente quanto uma quase perfeição dos processos.

## 1.2 Introdução às Ferramentas

As bases práticas da utilização dessa metodologia residem no denominado DMAIC (Define – Measure – Analyze – Implement – Control), o primeiro tema, da definição, consiste em primeiro definir exatamente quais as áreas a serem aprimoradas, para tanto podem ser montadas células de voz ao consumidor, para identificar a sensibilidade real das variações dos processos e produtos assim delimitando os pontos críticos, após a identificação clara do escopo segue a mensuração do mesmo, sendo essa uma das fases mais críticas, pois primeiro há necessidade de saber o que deve ser medido e depois a medição em si, pois se feita de forma desorganizada torna impossível uma futura análise dos dados, mas como um dos pontos da metodologia consiste na confiabilidade dos dados, ou seja, se basear somente em evidências mensuráveis para apontar problemas e soluções.

Para identificar os dados a serem coletados existem ferramentas de auxílio como diagramas de espinha de peixe que podem indicar possíveis relações de causa e efeito dessa forma apontando os dados a serem coletados. Após a coleta de dados segue a análise dos mesmos, nessa etapa devem-se encontrar as correlações reais entre processos e efeitos apontando caminhos para melhoria dos mesmos, para tanto ferramentas estatísticas devem ser lançadas, desde regressões lineares há análises de variância, também podem ser elaborados diagramas de Pareto que podem evidenciar os pontos realmente mais críticos, os quais podem trazer resultados mais palpáveis e devem ser priorizados.

A próxima etapa é a implementação; neste ponto já deve estar claro quais as principais deficiências dos produtos e processos, quais as causas reais de tais falhas e quais alterações geram impacto real sobre as mesmas, de modo de tais informações deve-se elaborar um plano de ação com metas realistas e implementá-lo.

Por fim há necessidade de garantir que os resultados obtidos sejam duráveis e confiáveis, assim um sistema de monitoramento e acompanhamento de resultados é a

parte vital para garantir a eficácia e os resultados esperados podendo gerar melhorias contínuas e aplicação de práticas bem sucedidas em outros setores.

Para o sucesso da metodologia proposta devem ser utilizadas algumas ferramentas para padronizar e facilitar as tarefas, dentre as quais se destacam: SIPOC (Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers), uma ferramenta de processo que consiste na elaboração de um detalhado mapa de processos com detalhes importantes sobre os elementos chave da cadeia produtiva. A modelagem do processo também facilita posteriores análises, devendo ser definidos e desenhados os processos, incluindo fluxos de trabalho e material, o tempo das atividades, os recursos consumidos, pontos de decisão, inspeção e entrega.

Após a modelagem executa-se a simulação, assim medindo resultados e de sua análise encontramos a eficácia e eficiência, além dos gargalos dos processos, erros pontuais e etapas que não somam valor ao produto. Aliada a modelagem pode ser elaborada uma matriz de causa e efeito que em um grau mais detalhado gera um diagrama de espinha de peixe. Outra técnica é o FMEA (Failure mode effects analysis) neste nicho de análise busca-se mensurar os impactos de erros pontuais, medir a probabilidade de tal erro ocorrer e a margem de detecção do erro, assim prevendo a confiabilidade do seu sistema em identificar erros e evitar que eles, a falha em questão e os efeitos posteriores da mesma.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma pode ser definida como um processo que permite às empresas um incremento nos seus lucros advindo da melhoria das operações, otimização da qualidade através da eliminação de defeitos, falhas e erros. A meta fundamental da metodologia é a melhoria e incremento na lucratividade, e não diretamente o alcance de níveis de qualidade Seis Sigma.

O termo sigma é a forma de se medir o número de defeitos do processo estudado, ou seja, mede a capacidade do processo trabalhar sem falhas. Quando se fala em um processo Seis Sigma, significa uma redução na variação no resultado entregue aos clientes numa taxa de 3,4 defeitos por milhão ou 99,99966%. A definição técnica afirma que Seis Sigma pode representar a capacidade do processo em análise. A letra grega  $\sigma$  (Sigma) é entendida como uma medida de capacidade do processo, que representa o número de desvios padrão do processo que distam os limites de especificação do valor nominal da especificação.

Foi validado empiricamente que ao longo do tempo existe um deslocamento da distribuição em aproximadamente  $1,5 \sigma$ . Este deslocamento pode variar de acordo com o tipo da empresa, seus produtos e processos, como exemplo, na indústria automotiva desde 1980, que o deslocamento é  $\pm 1 \sigma$  e diferente do que diz a convenção de  $\pm 1,5 \sigma$ . Entretanto considera-se que todos os processos variam  $1,5 \sigma$  em longo prazo.

Assim, para um processo Seis Sigma a performance esperada dos processos corresponde ao processo com sua distribuição deslocada de  $1,5 \sigma$ , o que corresponde a um índice de 3,4 partes por milhão.

Existem diferentes abordagens para a metodologia Seis Sigma, sendo que as três predominantes são provenientes da Motorola, Six Sigma Academy e General Electric. Em seguida será detalhada aquela adotada pela General Electric, também conhecida como método DMAIC, e que será utilizada para a aplicação prática e já foi descrito:

1. D - Define (Definir): Definir com precisão o escopo do projeto.
2. M - Measure (Medir): Determinar a localização ou foco do problema.
3. A - Analyze (Analisar): Determinar as causas de cada problema prioritário.
4. I - Improve (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
5. C - Control (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

## 2.2. Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing)

A Manufatura Enxuta, ou Lean Manufacturing, teve sua origem no Sistema Toyota de Produção e seus conceitos foram estabelecidos por Womack e Jones, com os livros “A Máquina que Mudou o Mundo” e “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”.

De acordo com estas referências, em especial a “Mentalidade Enxuta as Empresas”, Manufatura Enxuta é uma maneira de estabelecer o que é valor, eliminar as atividades que não adicionam valor e fazer com que as atividades que adicionam valor sejam realizadas de forma eficaz. É chamado de pensamento enxuto porque é uma forma de fazer mais produtos utilizando menos recursos, pois estará se produzindo apenas o que o cliente deseja.

Para alcançar o estado enxuto descrito acima, a Manufatura Enxuta procura eliminar os desperdícios. O desperdício (ou muda), é qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor.

Os desperdícios, segundo o sistema Toyota de Produção, podem ser classificados em sete principais fontes:

- Superprodução – Produção além do que os clientes necessitam, ou produção cedo demais de produtos necessários para o próximo processo ou cliente.
- Defeitos – Problemas de qualidade, resultando em necessidade de inspeção ou refugo.
- Estoque Excessivo – Armazenagem em excesso de matérias primas, produtos semi-acabados ou produtos acabados, resultando em custos excessivos de fabricação, transporte, perdas de produtos por deterioração, entre outros.

- Processamento Desnecessário – Execução de um processo de trabalho com ferramentas, procedimentos ou sistemas inadequados.

- Transporte Excessivo – Movimento excessivo de pessoas, informações ou produtos, resultando em perdas de tempo, esforço e custo.

- Espera – Longos períodos de inatividade das pessoas, informações ou produtos, resultando num fluxo deficiente.

- Movimentos Desnecessários – Organização deficiente do local de trabalho, resultando em perdas de tempo, qualidade e ergonomia para os operadores.

A essência da Manufatura Enxuta é tornar cada operação tão flexível que a demanda na fábrica é criada apenas quando o cliente realmente necessita. Quando este nível é alcançado, as peças se movimentarão diretamente de uma estação de trabalho para a outra em uma alta velocidade e sem interrupções, reduzindo o tempo de espera, o estoque em processo, e o estoque de produtos acabados.

Womack e Jones (2004) em “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”, dividiram a Manufatura Enxuta em cinco princípios:

- 1) **Especificação do Valor** – Estabelecer o conceito de valor é o início da aplicação da Manufatura Enxuta, e este deve ser definido pelo cliente final, podendo incluir características de um produto (ou serviço) específico que atenda às necessidades do cliente a um preço específico e em um momento específico.

Especificar o valor de maneira precisa é o primeiro passo no pensamento enxuto, pois os conceitos estabelecidos nesta etapa serão utilizados em todos os outros passos, portanto o valor bem especificado é um passo essencial para o sucesso da implementação da Manufatura Enxuta em uma empresa.

2) **Identificação da Cadeia de Valor** – A Cadeia de Valor é o conjunto das ações necessárias para se levar um produto (seja ele um bem, um serviço ou uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas que vai da concepção até o lançamento do produto, a tarefa de gerenciamento da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, e a tarefa de transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. A identificação da Cadeia de Valor e sua comparação com todas as atividades executadas pela empresa permitem a identificação dos desperdícios.

Especificamente, a análise de valor quase sempre mostra que ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão:

- Etapas que criam valor: Atividades que, aos olhos do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço, ou seja, atividades as quais estão dispostos a pagar;

- Etapas que não criam valor, mas são inevitáveis com as atuais tecnologias e ativos de produção;

- Etapas que não criam valor: Atividades as quais o cliente final não está disposto a pagar.

Um indicador importante da manufatura enxuta é a eficiência de ciclo de processo, que é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Eficiência do Ciclo de Processo} = \frac{\text{Tempo Adicionador de Valor}}{\text{Lead Time Total}}$$

Onde;

Lead Time: é o tempo requerido para que um produto caminhe de matéria-prima até produto acabado. Normalmente chamado de tempo de porta a porta. O

conceito também se aplica ao tempo requerido para que um produto se movimentar por todas as etapas de um processo, do início ao fim.

De acordo com George (2002) em “*Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*”, um processo Enxuto é aquele em que a eficiência de ciclo é maior do que 25%.

3) **Criação do Fluxo** – Após especificar o valor com precisão, identificar a cadeia de valor completa e eliminar as atividades que não agregam valor.

Após isto, é necessário fazer com que as etapas restantes, que criam valor, fluam.

4) **Produção Puxada** – A capacidade de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer quando o cliente quer significa que você pode jogar fora a projeção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhes dizem que precisam. Ou seja, você pode deixar que o cliente puxe o produto de você, quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente.

5) **Busca da Perfeição** – À medida que as organizações começarem a aplicar os quatro primeiros princípios da Manufatura Enxuta, os produtos oferecidos para o cliente, em termos de esforço, tempo, custos e erros, se aproximam cada vez mais do que o cliente deseja. As melhorias devem ser realizadas continuamente em busca da perfeição.

Womack e Jones (2004) apontam os seguintes resultados obtidos em curto prazo:

- A transformação de um sistema de produção clássico, baseado em estoques em processo, em um fluxo contínuo e eficaz, com a produção puxada pelo cliente, redução drasticamente o Lead Time e os estoques de matérias primas, estoques em processo e estoques de produtos acabados.

- Redução significativa dos erros que chegam até o cliente e a sucata dentro do processo de produção, bem como a redução dos acidentes de trabalho.

- Maior agilidade no processo de desenvolvimento de um novo produto e dos processos de produção, possibilitando a oferta de uma maior variedade de produtos.

Além disso, os investimentos de capital necessários serão muito modestos, podendo ser até negativos, caso algumas instalações e equipamentos puderem ser liberados e vendidos.

### 2.3. Lean Seis-Sigma

O princípio do Lean Seis Sigma está no foco em atividades críticas para a qualidade e que criam os maiores atrasos nos processos, pois oferecem oportunidades de melhoria em custo, qualidade e lead time.

O Seis Sigma e a Manufatura Enxuta podem oferecer maiores benefícios se forem implementadas em conjunto. Segundo George em “*Lean Seis Sigma para serviços*”, a fusão de métodos de melhoria da Manufatura Enxuta com os de Seis Sigma é necessária porque:

1) A Manufatura Enxuta não consegue colocar um processo sob controle estatístico;

2) Seis Sigma por si só não melhora a velocidade de processo;

Alem disso, essas metodologias são complementares, pois o Seis Sigma:

- Foca nas oportunidades e na eliminação dos defeitos estabelecidos pelos clientes;

- Trabalha na redução da variação, pois ela prejudica a capacidade da empresa de entregar produtos e serviços com os padrões de qualidade definidos pelo cliente de forma confiável;

- Utiliza uma estrutura eficaz na resolução de problemas, utilizando ferramentas da qualidade já difundidas;

Enquanto o Lean:

- Enfatiza na melhoria da velocidade do processo;

- Utiliza os conceitos de atividades que adicionam valor e atividades que não adicionam valor, procurando eliminar estas últimas;

- Utiliza ferramentas mais específicas para análises dos fluxos e tempos de atraso dos processos;

A metodologia Lean apresenta algumas limitações:

- Não considera diretamente a voz do cliente, ou seja, apesar de identificar alguns aspectos do que o cliente considera qualidade utilizando o conceito de atividade que agrega valor, isso não é feito de maneira direta com o cliente, e sim de uma maneira interna sobre o que se julga como uma atividade adicionadora ou não de valor.

- Apesar de considerar o defeito como um tipo de desperdício, não utiliza ferramentas específicas para a eliminação das fontes de variação do processo, que são um dos causadores deste tipo de desperdício.

Podemos analisar também as limitações da Metodologia Seis Sigma e como o Lean pode complementar essas lacunas:

- Embora a Metodologia Seis Sigma não aborda diretamente a identificação de desperdícios, pois não considera dados como tempo de setup, tempo de processamento, entre outros.

O Lean oferece uma ferramenta mais robusta para a identificação de desperdícios, o Mapeamento do Fluxo de Valor.

- Nas medições dos resultados da utilização do Seis Sigma, normalmente são consideradas melhorias em tempo de ciclo. No entanto não existe uma ligação clara entre a qualidade e a velocidade;

- A Metodologia Seis Sigma não utiliza nenhuma ferramenta específica para aumentar a velocidade do processo.

### 3. EMPRESAS

As empresas onde o trabalho será realizado têm características bem distintas como porte, área de atuação, desempenho e estrutura do setor de qualidade entre outros e apresentam, além disso, problemas diferentes e expectativas sobre as soluções e como elas terão impacto em suas estratégias bastante diferentes também.

Ambos os projetos, porém, se qualificaram da mesma maneira, por isso serão realizados.

A seleção de um projeto de Seis Sigma, ou de Lean Seis Sigma, é uma atividade crítica para o projeto. A seleção de projetos pode ser representada pela seguinte relação: projetos de melhoria bem selecionados definidos geram maiores ganhos e de maneira mais rápida, enquanto que projetos mal selecionados e mal definidos resultam em insucesso e demora na obtenção de ganhos.

Por isso deve-se considerar esta atividade tanto quanto a aplicação de toda a metodologia e suas ferramentas, pois é ela quem determinará diretamente a eficácia do seu trabalho em relação aos objetivos estabelecidos.

Há alguns princípios indicados para a seleção eficaz de um projeto:

- **Avaliar o Escopo dos Projetos Adequadamente:** Duas características devem ser buscadas ao escolher um projeto: *Significativo e manejável*. Os benefícios trazidos por este projeto devem ser significativos, no entanto os problemas que ele se propõe a resolver devem ser manejáveis, e não muito amplos ou complexos de serem alcançados.

- **Foco tanto em Eficiência quanto em Benefícios para a empresa:** Ter em mente os benefícios financeiros, de curto prazo, como redução de custos, e também os

benefícios de longo prazo, como potencial ganho através de melhorias de posição competitiva e força de mercado.

As diferenças entre as empresas e a aplicabilidade do método Lean Seis-Sigma, faz da posterior apresentação das soluções e a interpretação dos resultados algo de muito valor para a análise comparativa da metodologia e da aplicação da mesma.

### 3.1. Itaim Iluminação

#### 3.1.1 Descrição e Abordagem

A Itaim Iluminação possui mais de 41 anos de experiência no mercado de iluminação. Desde 2001 possui certificação ISO9001 e em 2006 obteve certificação ISO14001. Reconhecida no mercado como fabricante de luminárias comerciais e industriais, desde de 1999, a empresa iniciou uma forte ampliação da sua linha de produtos no segmento de luminárias decorativas, tendo como meta produtos de qualidade com custo benefício atraente e design diferenciado.

Possui linha completa de luminárias comerciais, industriais, específicas e decorativas para os mais diversos tipos de aplicação. As luminárias buscam refletir qualidade e inovação. Sempre considerada como empresa de referência, no que diz respeito a luminárias de geração inovadora, racionalização de energia e produtos com novos conceitos dentro do segmento de Engenharia/Arquitetura.

Vivendo um período de grande crescimento, é de se esperar que esta empresa, com comando ainda familiar, tenha o controle de qualidade e de projeto passando por algumas alterações, e que esta instabilidade possa ser sentida por uma certa desestruturação destas áreas.

A metodologia Lean Seis-Sigma será aplicada à empresa na intenção de melhorar a qualidade de uma de suas linha de produtos, tanto no que diz respeito ao produto em si quanto em seu processo de fabricação.

Em primeiro lugar, através de reuniões com a Diretoria Industrial da Itaim Iluminação, conseguimos determinar a real necessidade da implementação do projeto e a avaliação do projeto quanto a sua aplicabilidade foi discutida e aprovada. Sendo que a escolha por uma determinada linha de produtos será realizada posteriormente.

Seguindo, tivemos uma visão macro dos principais processos que são utilizados pela empresa e como os diversos produtos e linhas são configurados

dependendo da situação. Para a fabricação de um mesmo produto, a empresa muitas vezes conta com até três diferentes lay-outs e modos de fabricação.

O processo de escolha da linha que será analisada depende primeiramente de uma necessidade especial sentida pela empresa ou de um estudo estatístico sobre as diversas linhas que possa nos apontar as com maior número de problemas. Seguindo, é claro, o princípio de escolha descrito na seção anterior.

Depois de realizadas algumas visitas onde pudemos conhecer melhor os métodos de fabricação e devido a extensa linha de produtos confeccionados pela Itaim, notamos que devido a similaridades entre algumas poderíamos expandir o escopo da pesquisa não se limitando apenas a uma linha, mas sim a um grupo de linhas.

A Itaim divide seus produtos nos seguintes grupos:

- a) Luminária Comercial de Embutir;
- b) Luminária Comercial de Sobrepor;
- c) Luminária Comercial Pendente;
- d) Luminária Industrial;
- e) Luminária Externa;
- f) Luminária Decorativa;
- g) Luminária Especifica;

Como dentro dos grupos os processos de fabricação são os mesmos, através de entrevistas com o Departamento de Qualidade e com os departamentos de fabricação, pudemos definir que a linha onde encontramos uma maior quantidade de problemas e um maior potencial para melhorias seria o grupo de Luminárias Comerciais de Sobrepor.

Uma vez definido o objeto de estudo, acompanhamos o método de fabricação do mesmo para que assim possamos delinear em linhas gerais as características da

empresa assim como áreas susceptíveis a ganhos com a metodologia Lean Seis-Sigma.

Também foram conseguidos dados gerenciais de qualidade referentes aos primeiros meses de 2008 e dados das medias obtidas em 2007. Tanto essas informações quanto as análises e interpretações das mesmas se encontram nas seções subseqüentes.

Um levantamento de dados mais criterioso sobre as causas dos defeitos, uma análise sobre estas causas visando uma solução, e um melhor entendimento do processo de fabricação para possíveis melhorias serão os próximos passos.

Estas etapas serão realizadas de acordo com o cronograma estabelecido e a disponibilidade da empresa.

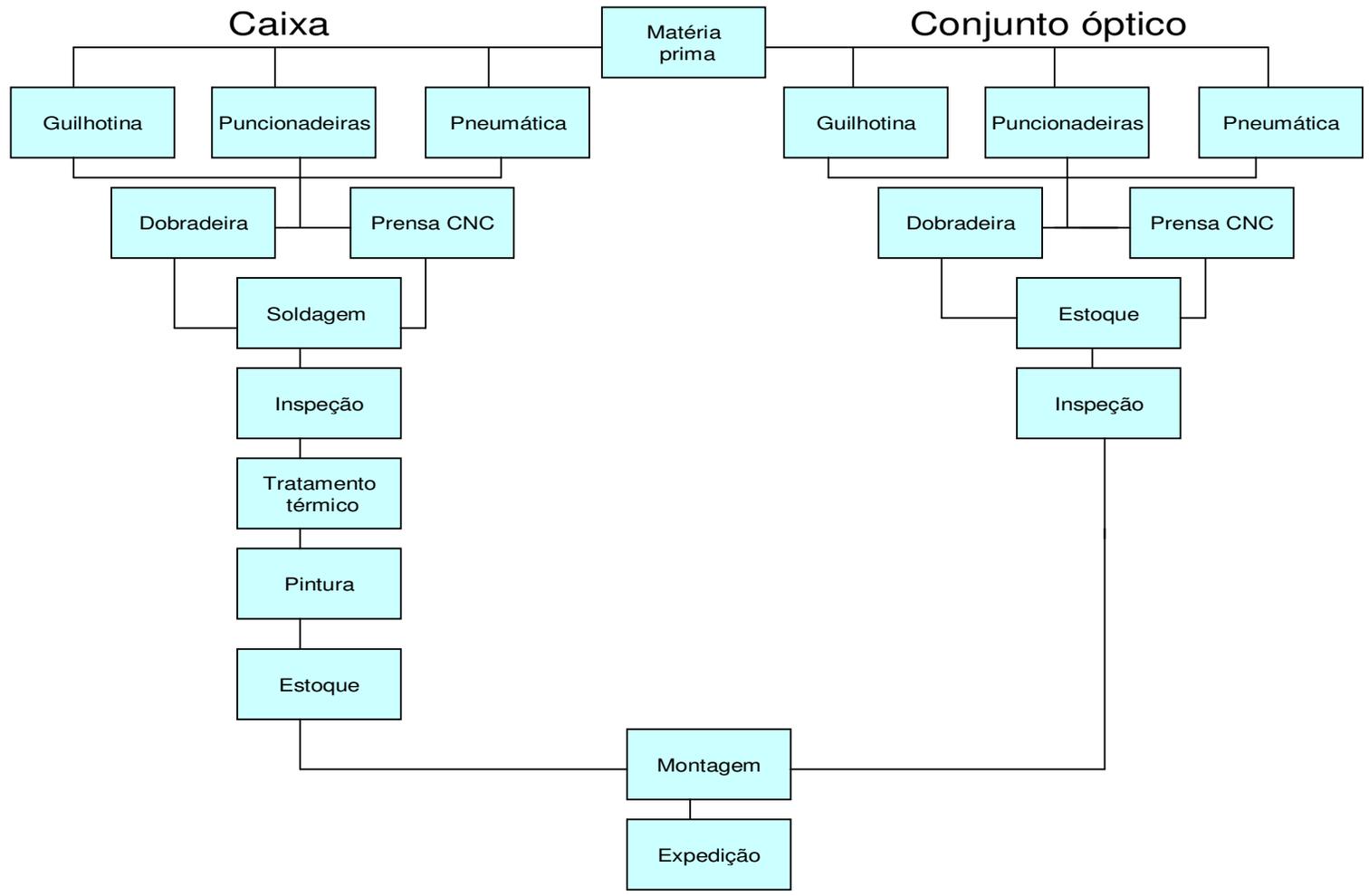


Figura 3.1 Fluxograma Itaim

### 3.1.2 Fluxograma

Baseados no fluxograma apresentado para a caixa da luminária, lembrando que as etapas para a produção do conjunto óptico são similares, a interpretação do Fluxograma é feita da seguinte maneira:

1º) Entrada de material → consiste na encomenda e recebimento de principalmente:

A-) Chapas metálicas

B-) Bobinas metálicas

Em geral para os metais mais usados as bobinada e chapas são utilizadas de 7 a 14 dias, entretanto quando de matérias específicos chegam e ficar no almoxarifado por 6 meses.

2º) É o corte da matéria prima que dependendo da linha de produtos a ser fabricada pode ser executado em guilhotinas, puncionadeiras, sendo que o corte completo da peça é feito em 100 segundos por uma puncionadeira em média, os outros métodos realizam as mesmas funções, mas sendo alocados em cada tipo de ferramenta de corte segundo demanda de produção, etapa em comum tanto para o conjunto óptico quanto a estrutura.

3º) Esta etapa consiste na dobragem, também comum a ambas as partes, o conjunto óptico é dobrado em série por operados que posicionam tiras de metal nas dobradeiras, enquanto o corpo leva 70 segundos numa dobradeira CNC e o postigo 40 na prensa e a bandeja de inspeção que leva 40 segundo na prensa.



**Figura 3.2 Dobradeira Automática**

4º) Soldagem → As próximas etapas incluindo esta são somente para o corpo da luminária, sendo esta a soldagem que se dá em série, sendo 3 processos de soldagem realizados por máquinas distintas embora de mesmo modelo e por operadores diferentes, sendo estas etapas:

A-) Solda de junção do postigo 2 postigos são soldados levando 40 segundos para o processo todo incluindo o tempo de manuseio da peça e encaminhamento para a próxima etapa.

B-) De forma similar ocorre a solda de arremate da cabeceira que consome 25 segundos

C-) Por fim ocorre a solda de fechamento dos cantos que requer 40 segundos, as peças são acondicionadas em lotes para inspeção da qualidade.

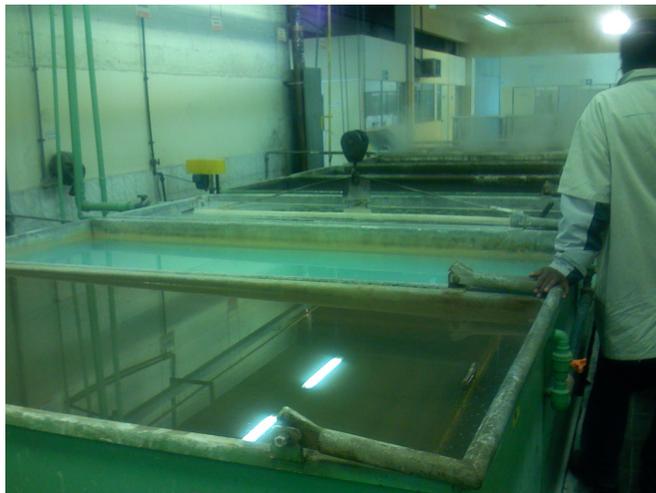


**Figura 3.3 Máquina de Solda**

5º) Inspeção→ Feita por lote, cerca de 1% das peças tem exame de todas as suas dimensões segundo desenho e teste manual de encaixa da lâmpada, o processo leva cerca de 5 minutos:

6º) Tratamento térmico consiste de 7 banhos e posterior secagem em estufa dos lotes enviados pela qualidade, todo o lote (cerca de 100 peças) é tratado por vez, e um novo lote só é tratado após a conclusão do anterior:

- I) Desengraxe um banho em solução com sabão de 1 a 2 minutos
- II) Enxágüe em água quente de 1 a 2 minutos
- III) Refinador - Banho em ácido de 1 a 2 minutos
- IV) Novo Enxágüe de cerca de 2 minutos
- V) Tratamento anti-corrosão, com banho de fosfato de cerca de 10 à 12 minutos
- VI) Nova lavagem de 1 minuto
- VII) Banho passivador em ácido de 30 segundo a 1 minuto
- VIII) Secagem na estufa de 15-20 minutos



**Figura 3.4 Tratamento Térmico**

7º) Pintura → Nesta etapa as peças são presas em uma esteira que passa por área isolado, na qual 4 pintores com jatos manuais de tinta pintam as peças com uma tinta magnética, sendo 2 operadores responsáveis por cada peça, automaticamente o destino da esteira é uma estufa com tratamento térmico, o processo de uma volta completa é de 2 horas.



**Figura 3.5 Pintura**

8º) Montagem → A última etapa desse processo é a montagem na qual 3 linhas manuais executam a junção dos elementos em esquema de produção em série, juntando o conjunto óptico ao corpo.

### 3.1.3 Determinação das Possíveis Causas do Problema

Após a definição do grupo de luminárias que seria estudado, devemos tentar descobrir quais os principais problemas encontrados e suas causas para que assim possamos solucioná-los.

Como o processo de fabricação é complexo o primeiro passo será determinar as etapas que apresentam as maiores taxas de erro, para podermos nos focar nestas etapas.

Com a ajuda do Departamento de Qualidade da Itaim conseguimos um levantamento de dados de erros referentes aos primeiros meses de 2008 (de Janeiro à Abril) e as medias obtidas para o ano de 2007.

Tais dados foram manipulados e organizados de maneira a se ter uma visão mais clara dos mesmos, as outras áreas apresentavam defeitos praticamente nulos então as descartamos. A tabela a seguir trata dos problemas significativos:

**Tabela 3.1 Percentual de Erros por Etapa**

Área	Etapa	Quantidade	Percentual Relativo
<b>Metalurgia</b>	Estampagem	6,40%	44,44%
	Montagem	2,20%	15,28%
	Dobra	2,00%	13,89%
	Solda	1,80%	12,50%
<b>Acabamento</b>	Pintura	1,20%	8,33%
	Corte	0,40%	2,78%
	Expedição	0,40%	2,78%

Com as informações organizadas dessa maneira, podemos montar diagramas de Pareto para as Áreas, para o processo como um todo e específicos para cada Área.

Os gráficos e suas interpretações seguem nas próximas paginas.

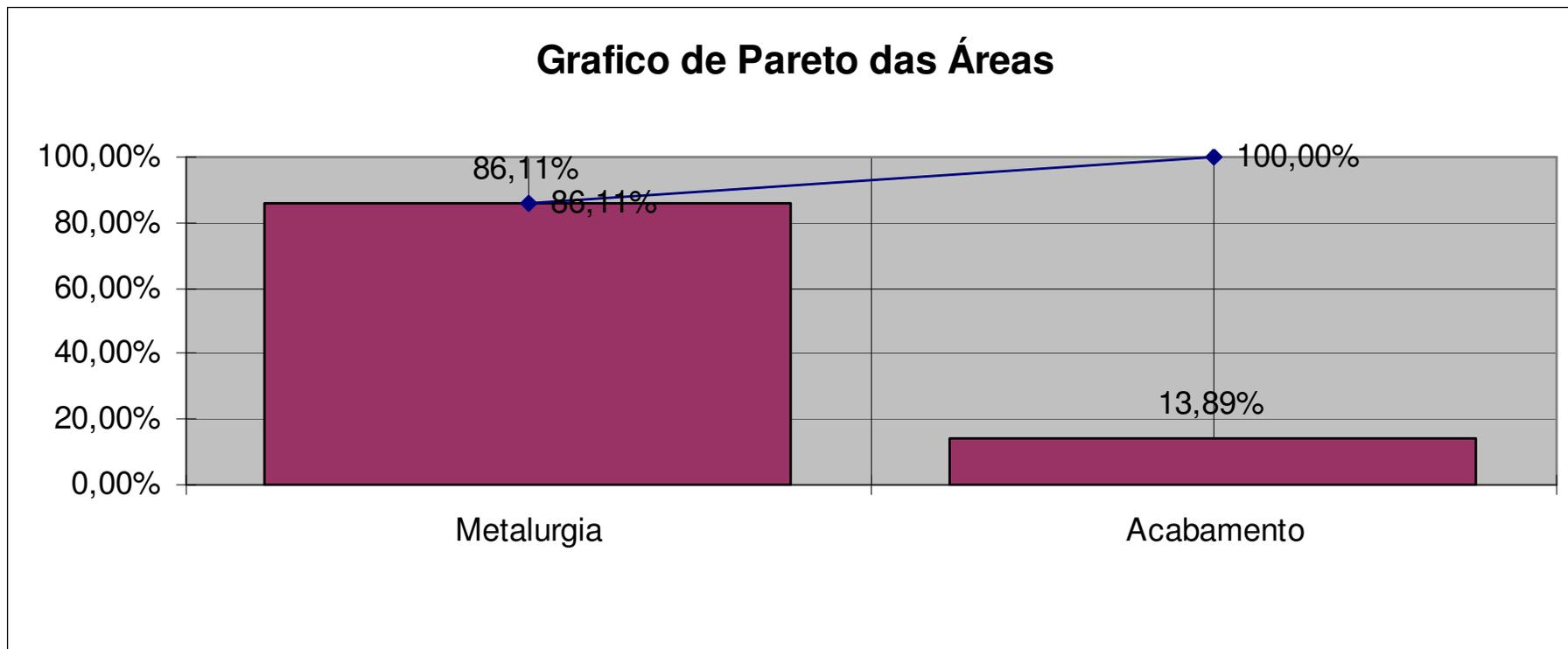


Gráfico 3.1 Diagrama de Pareto das Áreas - Itaim

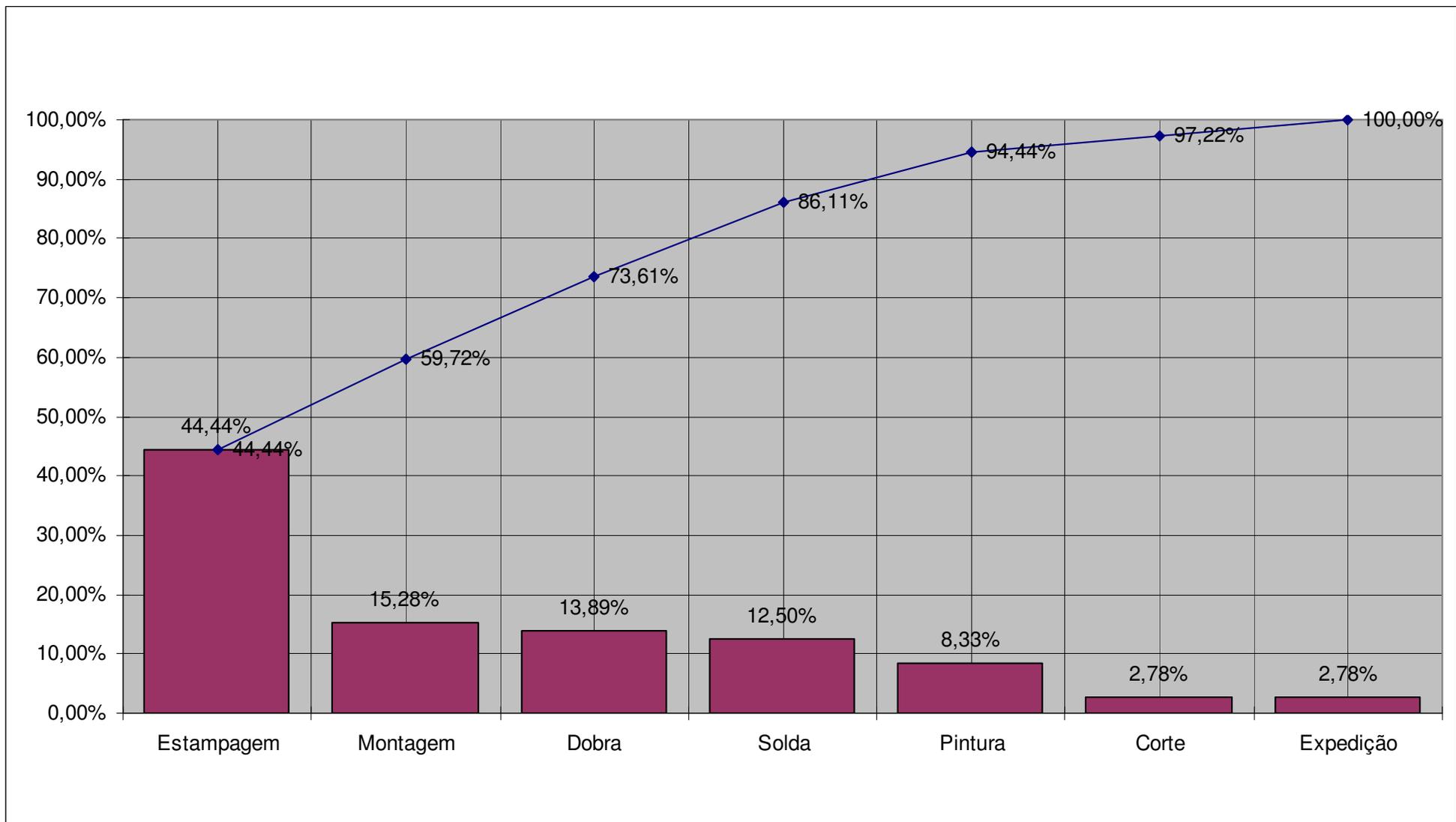


Gráfico 3.2 Diagrama de Pareto das Etapas - Itaim

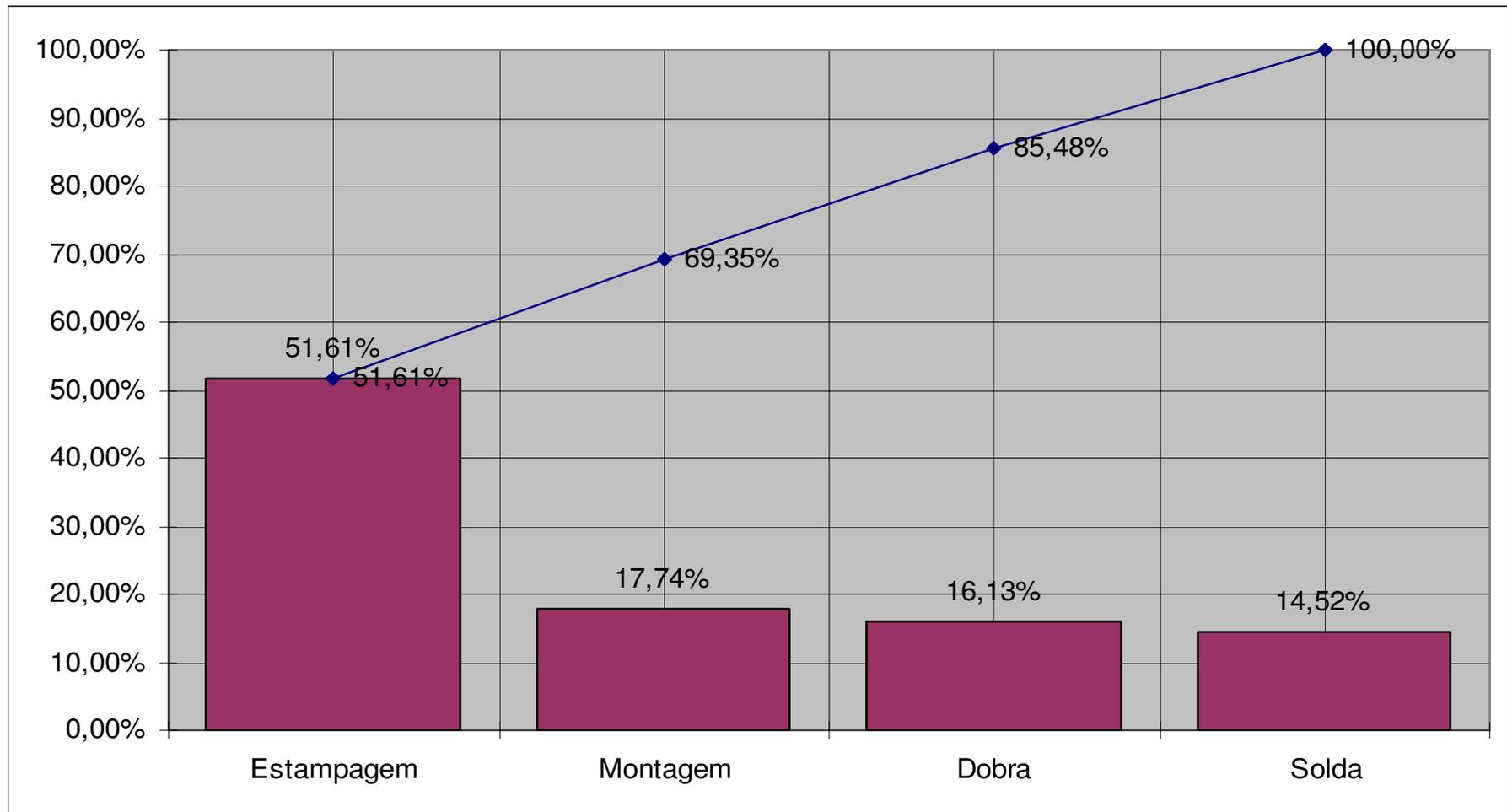


Gráfico 3.3 Diagrama de Pareto da Metalurgia - Itaim

### Gráfico de Pareto do Acabamento

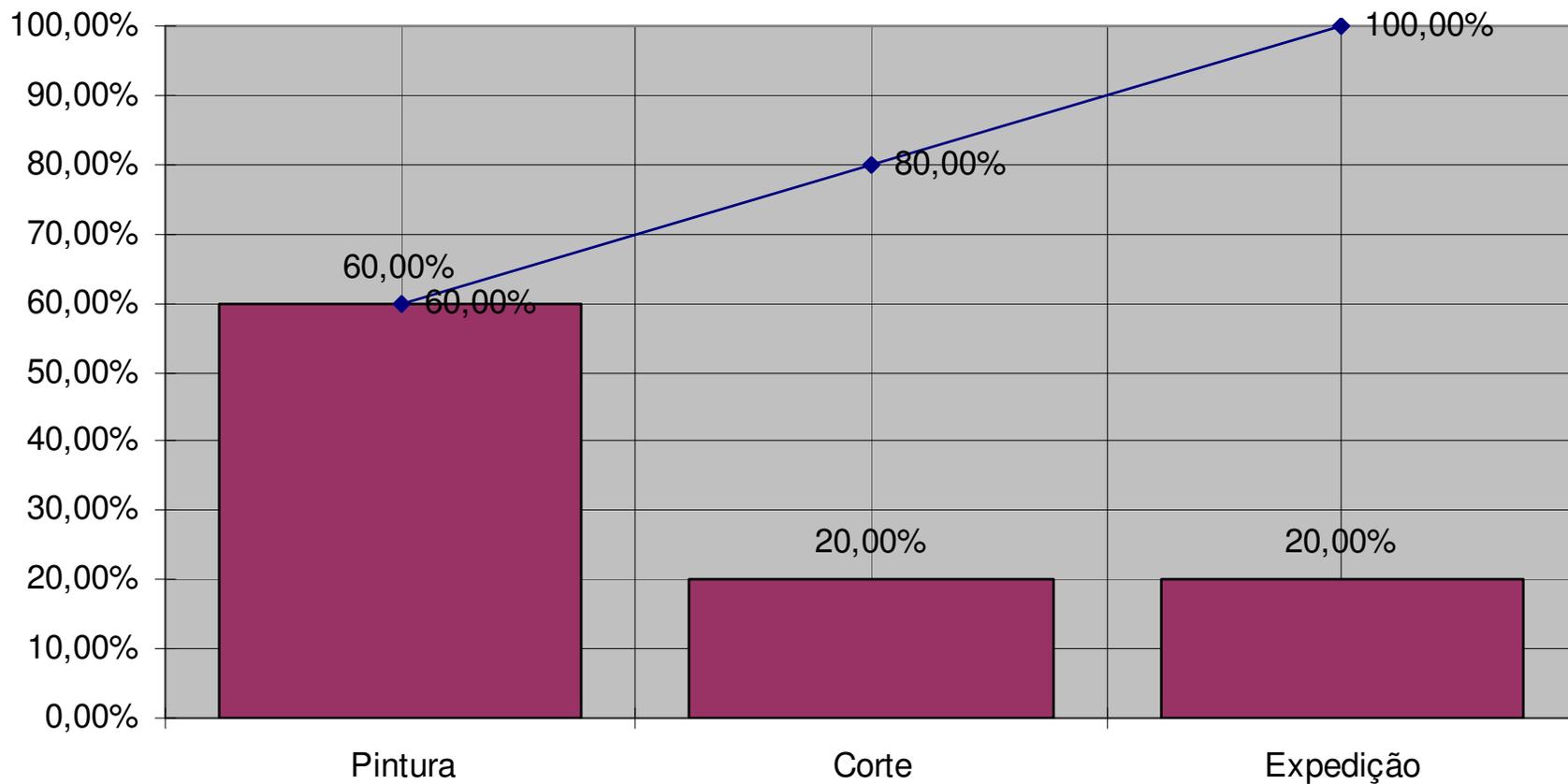


Gráfico 3.4 Diagrama de Pareto do Acabamento - Itaim

Analisando os gráficos podemos concluir que os principais problemas se encontram nas Áreas de Metalurgia e Acabamento sendo que a primeira apresenta 86,11% dos problemas.

A partir dos diagramas de Pareto de cada área em particular, podemos notar que na Metalurgia a etapa de Estampagem tem 51,61% dos problemas e no Acabamento a etapa de Pintura tem 60% dos erros encontrados nessa área.

O Gráfico de Pareto dos Processos confirma a importância dos erros na Estampagem e nos demais problemas encontrados na Metalurgia, porém faz um contrapeso da real importância de se concentrar na Pintura.

Destacadas as principais etapas a serem focadas, nossos próximos passos foram se concentrar nelas, fazendo novos levantamentos e tomadas de dados para que possamos determinar os principais problemas de cada e quais são as suas causas mais comuns.

Depois de reuniões com o departamento de Qualidade e uma série de visitas à empresa, podemos perceber que um outro fator que dificultou a execução do projeto foi um desencontro nas informações que seriam importantes para o trabalho, demonstrado por uma falta de controle sobre os dados e relatórios que cada uma das áreas deve gerar.

Após verificado tal problema, as informações foram novamente conferidas para termos certeza de que o trabalho estava sendo estruturado de maneira adequada e com forte embasamento.

Uma nova fonte de dados nos foi concedida contendo os registros sobre a quantidade de peças que passaram por processos de sucatagem e de re-trabalho.

Tal relatório apresenta uma grande quantidade de informações, por motivos de segurança e para que possamos ter uma melhor compreensão dos mesmos, reproduzimos abaixo apenas certos segmentos.

**RELATÓRIO DE PRODUTO SUCATADOS ANO 2007**

<b>Produto</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Set</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
Luminárias	51	432	1392	29	401	5	443	170	68	238	707	747	4683
Conj. óptico alumínio	0	0	0	0	17	2	0	0	0	47	0	0	66
Laterais alumínio	41	39	110	1077	396	144	202	472	0	547	149	618	3795
Cabeceiras alumínio	3	30	100	190	216	0	68	84	0	75	12	221	999
Capa "v" alumínio	1	48	10	380	91	23	64	929	0	98	13	40	1697
Refletores alumínio	0	621	47	664	334	9	117	139	0	83	179	19	2212
Aletas alumínio	0	300	0	371	230	117	95	160	0	0	0	61	1334
Molduras	0	208	20	0	52	0	10	0	0	27	100	10	427
Cobre soquete chapa	44	11	84	0	354	128	0	12	0	0	0	0	633
Cobre reator	0	153	0	0	78	156	7	12	0	0	0	0	406
Porta soquete	0	0	91	0	34	0	0	0	0	19	0	576	720
Laterais chapa	0	0	0	68	0	0	7	0	0	0	0	0	75
Cabeceiras chapa	200	718	72	0	1000	1060	8	0	0	0	0	0	3058
Capa "v" chapa	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	83	83	168
Refletores chapa	15	0	0	0	0	14	7	0	0	0	16	16	68
Defletores chapa	0	0	0	0	0	0	15	0	0	14	0	0	29
Aletas chapa	0	2600	0	0	226	596	32	0	0	1440	4825	405	10124
Recuperador al.	0	74	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	214
Cobre soquete al.	0	0	0	54	15	33	2	0	0	0	0	50	154
Travessa chapa	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	46
Basculantes	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	47
Postiço /gancho de aço inox	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	100	160
Bandeja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	756	0	756

### RELATÓRIO DE PRODUTOS RETRABALHADOS ANO 2007

Produto	Jan	Fev	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Set	Out.	Nov.	Dez	Total
Luminárias	1329	4313	2469	2051	1871	1227	1848	564	3001	523	1002	766	20964
Conj. óptico alumínio	0	0	0	0	58	0	0	159	0	0	822	0	1039
Lateral alumínio	0	224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224
Cabeceira alumínio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capa "v" alumínio	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Refletor alumínio	522	150	609	400	330	16	0	378	246	865	0	0	3516
Porta soquete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	0	108
Cobre soquete aluminio	600	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	800
Cobre soquete chapa	800	0	2050	0	31	0	0	0	104	0	20	1152	4157
Cobre reator chapa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	48
Capa "v" chapa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	48
Moldura chapa	52	70	700	30	34	0	20	0	0	1607	229	18	2760
Cabeceira chapa	1064	0	0	0	0	0	46	222	3926	800	172	0	6230
Refletor chapa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	294	0	320	614
Aletas - chapa	0	5000	0	8922	0	0	0	0	6698	1329	0	0	21949
Longarina	0	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	540
Base reator	0	0	0	600	0	0	0	0	0	238	0	0	838
Basculante	0	0	0	17	0	0	2300	0	0	0	0	0	2317

**Modelos das luminárias sucata**

Quant.	Descrição de produto	Quant.	Descrição de produto	Quant.	Descrição de produto
45	Luminária modelo 2001 - 2x32w	11	Luminária modelo 3760- 2x16/32w	136	Luminária modelo decorativa várias
264	Luminária modelo 2003 /2750 - 4x16w	1	Luminária modelo 4320 - 2x32w	433	Luminária mod. esmeralda - 2x26w
71	Luminária modelo 2003 /2750 - 2 /4x32/16w	1	Luminária modelo 4303 - 2x32w	3	Luminária mod. Ecoema
70	Luminária modelo 2005/2006/2007 /2008 - 2x28/16w	16	Luminária modelo 3024 - 2x32 /2x16w	21	Luminária mod. Topazio
44	Luminária modelo 2050 /2790 - 2x/28/32w	2	Luminária modelo 2760 - 2x32w	22	Luminária mod. Jaspe
121	Luminária modelo 2070 /2740 /2760 - 2x32w	17	Luminária modelo 3050 - 2/1x32w	17	Luminária mod. Jade
4	Luminária modelo 2021 /2022 /2023 - 2x32w	3	Luminária modelo 3517- 2x16w	52	Luminária mod. Rubi
7	Luminária modelo 2056 - 2x16 /4x16w	470	Luminária modelo 3320 - 1/2x16/28/32/54w	99	Luminária mod. Brilhante
15	Luminária modelo 2101 - 2x32/4x32w	21	Luminária modelo 3450 - 2x32/28w	3	Luminária modelo Guaraça
3	Luminária modelo 2102 - 2x110w	5	Luminária modelo 3740 - 2x28/32w	23	
37	Luminária modelo 2103 - 2x16 /2x32w	8	Luminária modelo 3470 - 2x32w	29	Luminária mod. Cianita 2x26w
88	Luminária modelo 2104 - 2x16 /2x32w	69	Luminária modelo 3520 - 2x32w	3	Luminária mod. Ipenum
6	Luminária modelo 2105 - 4x16w	1	Luminária modelo 3540 - 2x32 / 1x32w	1000	Luminária mod. esp. - 1 /2x26/32/36/28 /54w
76	Luminária modelo 2320 - 2x16/28 /32/40w	15	Luminária modelo 3571 /3581 - 4x16w	13	Luminária modelo 152 - 2x26w decorativa
329	Luminária modelo 2510 /2520 /2530 /2540 - 2x28 /32 /40 /54w	49	Luminária modelo 3105 - 4x16w	10	Luminária modelo Tata - 1x50w
13	Luminária modelo 2540 - 2x16w	7	Luminária modelo 4010 - 2x32w	3	Luminária modelo 4012 - 2x16/28w
3	Luminária modelo 2516 /2517 - 2x28/32w	76	Luminária modelo especial /4100 - 2x110w	1	Luminária modelo 4050 - 1x54w
34	Luminária modelo 2593 - 2x16-32-36w	27	Luminária modelo 4100 /4410 - 2x32 / 2x28w	1	Luminária modelo 506 - 2x16w
110	Luminária modelo 2890 - 2x32w	8	Luminária modelo 4510 - 2x32w	160	Luminária mod. especial-2x14/18w / 4x16w
3	Luminária modelo 2690 - 4x16w	27	Luminária modelo 5070 - 2x32 / 2x16/18w	27	Luminária modelo 7010 - 1x32/2x32w
40	Luminária modelo 2691 - 4x14/16w	3	Luminária modelo 3811 - 2x26w	10	Luminária mod. Embu 8166 - 1x26w
7	Luminária mod. LPT100 /200 - 2x32w	52	Luminária modelo BBI 202 /302 - 2x32 /1x32w	13	Luminária mod. Safira - 2x26w
33	Luminária modelo 3570 - 2x32/4x16w	180	Luminária modelo BBI 202 - 2x16w	72	Luminária modelo mascarará p/ onix
3	Luminária modelo 3005 - 2x14w	31	Luminária modelo 4801 /4811 - 1x250 /400w	7	Luminária modelo 3001 /3180 - 2x16/32w

## Modelos luminárias retrabalhadas

Quant.	Descrição de produto	Quant.	Descrição de produto	Quant.	Descrição de produto
377	Luminária modelo 2001 /2180 - 2x16/28/32/54w	22	Luminária modelo 3001 /3180 - 2x16/32w	311	Luminária modelo 4012 - 2x28w
376	Luminária modelo 2003 /2750 - 4x14/16w	100	Luminária modelo 3005/3006/3007 - 2x14w	1969	Luminária mod. 4100 /20 /90 - 2x32w
312	Luminária modelo 2050 /2790 - 2x16 /28/32w	20	Luminária modelo 3005/3006/3007 - 2x28/32w	433	Luminária mod. 4410 - 2x28w
372	Luminária modelo 2005/2006/2007 /2008 - 2x14w	150	Luminária modelo 3021 /22 /23 /24 - 2x32w	103	Luminária mod. 4650 - 2x110w
459	Luminária modelo 2070 /2740 /2760 - 2x32w	300	Luminária modelo 3105 - 4x16w	749	Luminária modelo 4510 - 2x32w
40	Luminária modelo 7200 - 2x32w (LPT200)	506	Luminária modelo 3320 - 2x16/28/32/54w	579	Lum. mod. 48 11 /15 /17 - 1x250 /400w
976	Luminária modelo 2320 - 2x32w	162	Luminária modelo 3450 - 2x32/28w	89	Luminária modelo 506 - 2x26w
6	Luminária modelo 2320 - 2x110w	497	Luminária modelo 3510 /20 /30 /40 - 2x28/32w	6	Luminária modelo 7010 - 2x32w
72	Luminária modelo 3517 - 2x32/16w	166	Luminária modelo 3532- 2x110/85w	224	Luminária modelo 7510 /20- 3x16/32w
317	Luminária modelo 2516 /2517 - 2x28/32w	304	Luminária modelo 3570 - 2x32w	565	Luminária modelo LPT15 /18 -2x32/54w
87	Luminária modelo 2516 /2517 - 2x14w	300	Luminária modelo 3571 - 4x16w	10097	Lum. mod. esp. - 1 /2x16 /26/28/32/54w
35	Luminária modelo 2593 - 2x16/36w	700	Luminária modelo 3691 - 4x14w	1197	Luminária mod. especial- 2 /4x14/16/32
520	Luminária modelo 2691 - 4x14/16w	13	Luminária modelo 3811 -1x14w	696	Luminária mod. Cianita /turm -2x26w
54	Luminária modelo 2835- 1x54w	10	Luminária modelo 3811 - 1x28w	39	Luminária mod. tata -1x50w
326	Luminária modelo 2007 - 2x28w	34	Luminária modelo 3457 - 2x32w	672	Luminária mod.Tabira /brilhante 1x26w
20	Luminária modelo 2205 - 4x16w	50	Luminária modelo 4120 - 4x32/1x32w	135	Luminária modelo 2950 - 2x16 /32w
100	Luminária modelo MCD589CV - 2x26w	555	Luminária modelo 4320 - 2x16/32/58w	39	Luminária modelo 2693 - 3x14w
20	Luminária modelo 2760 - 2x16w	87	Luminária modelo 2527 - 1x54w	30	Luminária modelo especial - 2x110w

RELATÓRIO DE PRODUTOS SUCATADOS / RETRABALHADOS ANO 2007

Produto	Vendas		Eng.		Corte		Prensa		Dobra		Solda		Pré-trat.		Pintura		Mont.		Exped.		Estoque		Devol.		Total	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
Luminárias			9500	136			1397	142	1403	13	1405	10			848	8	6265	2043	166			1982	228	77	21212	4411
Conj. óptico alum.											58							2			891	64			949	66
Lateral alumínio				80				30	224								940					2745			224	3795
Cabeceira alumínio				8													228					763			0	999
Capa "v" alumínio								843									134					720			0	1697
Refletor alumínio			1961	64			1555			7							1064					1215			3516	2350
Aletas alumínio									300								313					721			0	1334
Moldura chapa			456	10			100		6		692				1277	20	328				229	69			2760	427
Cobre soquete ch.			2901	96			1152	188		11												338			4053	633
Base reator chapa			238												600										838	0
Cobre reator chapa			48	12				156				153										85			48	406
Porta soquete chapa			104	576			108	91									19					34			212	720
Cobre soquete al.			600	66			200															88			800	154
Tampa basculante																									0	0
Gancho de inóx								100																	0	100
Laterais chapa								68														7			0	75
Cabeceira kroma																									0	0
Capa "v" chapa			1024				24															168			1048	168
Bandeja				756																					0	756
Basculante			17								1800				500							47			2317	47
Cabeceira chapa			268	1072			3496	918			1402											1068			5166	3058
Refletor chapa						10	320														294	72			614	82
Aletas chapa							22888	9035							125E	295						794			22888	10124
Longarina chapa			540																						540	0
Defletor																						15			12	15
Travessa chapa								46																	0	46
Chassi /trava				74																					0	74
Recuperador al.																						140			0	140
Postiço				60																					0	60

A partir dos dados nas tabelas sobre modelos de luminárias sucata e modelos re-trabalhadas podemos nos assegurar que as luminárias do tipo Comercial de Sobrepor que foram escolhidas para o nosso trabalho através de entrevistas e com alguns dados da área de qualidade, são os modelos que realmente apresentam as melhores condições para serem melhoradas. Sendo que agora com bases quantitativas que apóiam tal decisão.

As tabelas podem ser analisadas de forma a se determinar os principais componentes da luminária que apresentam problemas, as principais relações entre os defeitos e entre os tipos (sucatas / re-trabalho) e os principais setores onde esses erros específicos acontecem.

Sempre com o foco, principalmente, nas áreas da metalurgia que já foi indicada através dos gráficos preparados com os dados Gerenciais já apresentados.

Primeiramente, fazemos uma comparação entre as quantidades encontradas na parte de sucata e no re-trabalho para que assim, posteriormente, possamos analisar os problemas sabendo quais dos relatórios têm um impacto maior.

Assim:

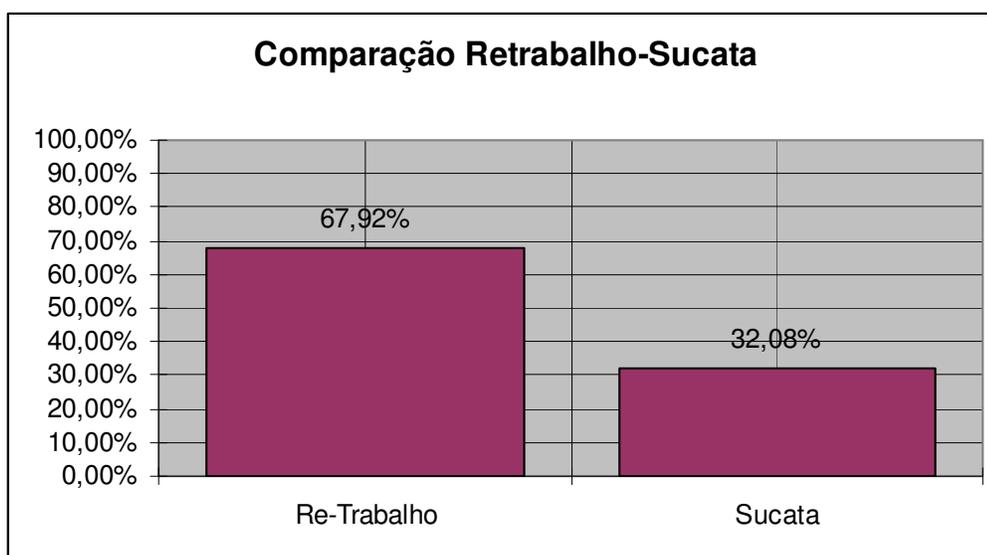


Gráfico 3.5 Comparação Retrabalho-Sucata

Rapidamente conseguimos perceber que temos uma quantidade de produtos indo para re-trabalho muito maior do que para sucatagem, o que era de se esperar, uma vez que os tipos de problemas encontrados podem ser “remendados”.

Analisaremos, então, os componentes que apresentaram defeitos que puderem ser re-trabalhados.

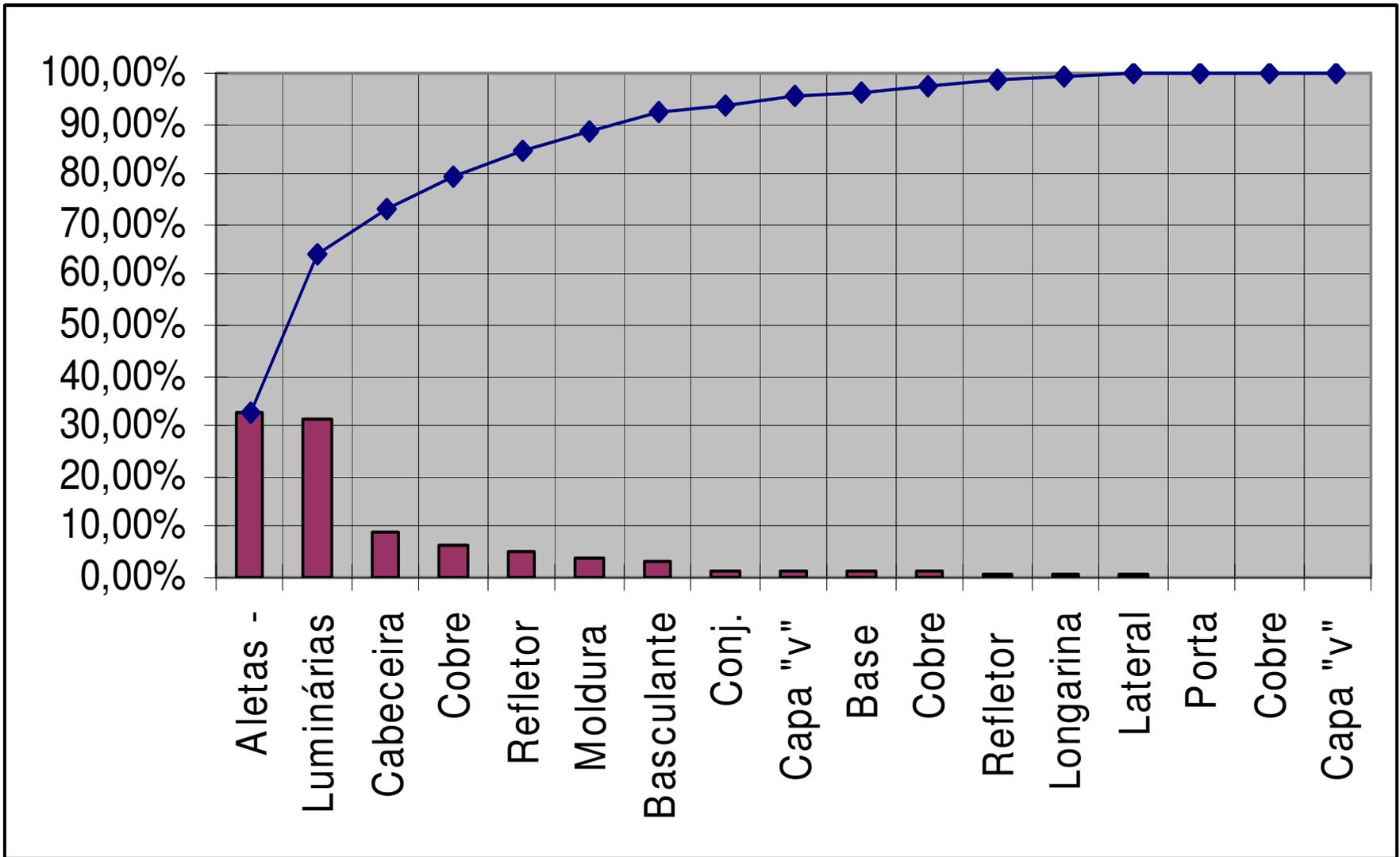


Gráfico 3.6 Diagrama de Pareto dos Componentes Retrabalho

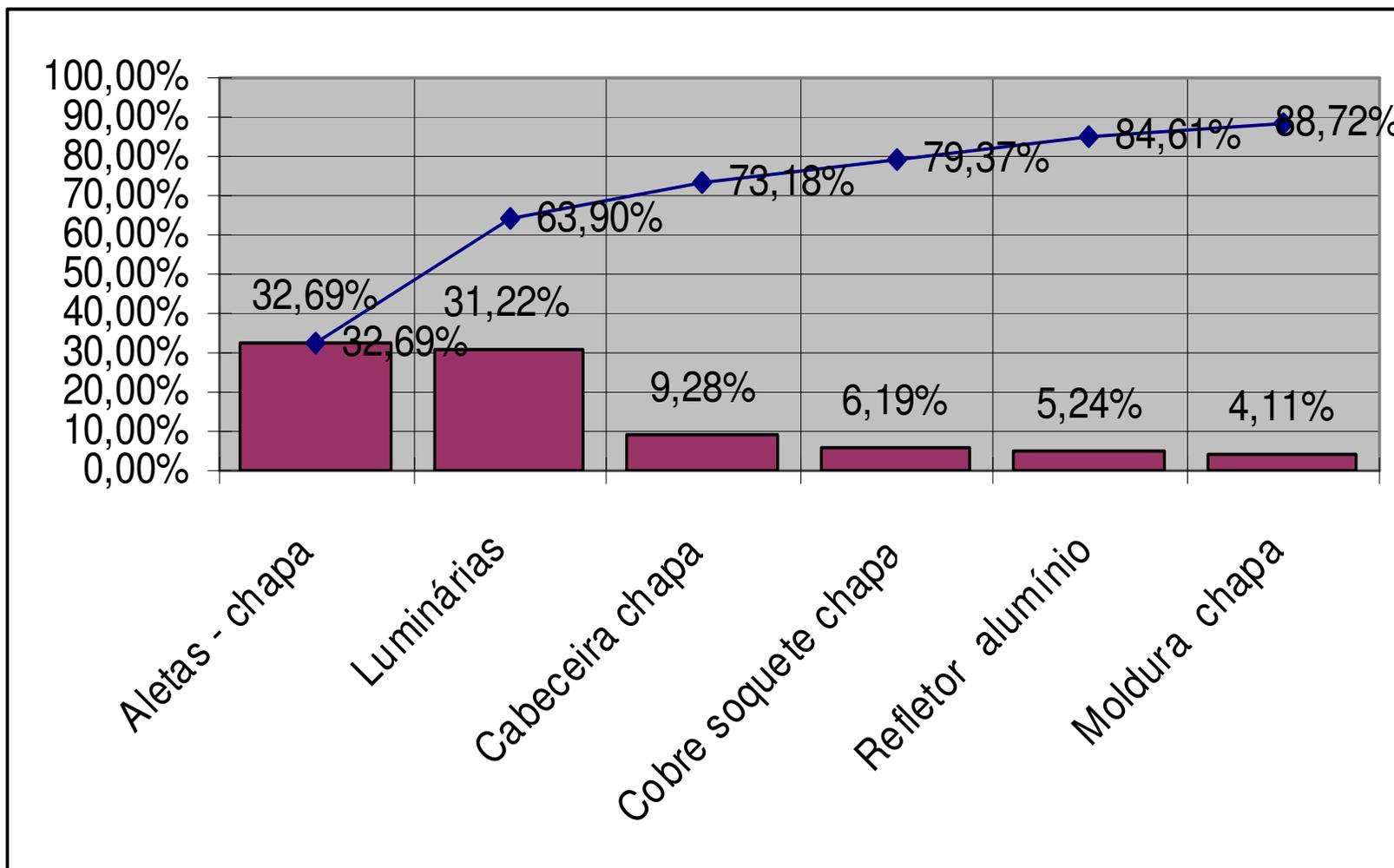


Gráfico 3.7 Diagrama de Pareto dos Componentes Retrabalhados Significativos

Percebemos que há 6 componentes que apresentam problemas, que representam 88,72% dos mesmos.

Os dados do segundo gráfico nos mostram que o estudo dos setores onde ocorrem as falhas para as aletas em chapas e para o corpo das luminárias pode nos guiar para a solução dos problemas relacionados ao Retrabalho.

Podemos então nos focar na análise desses componentes.

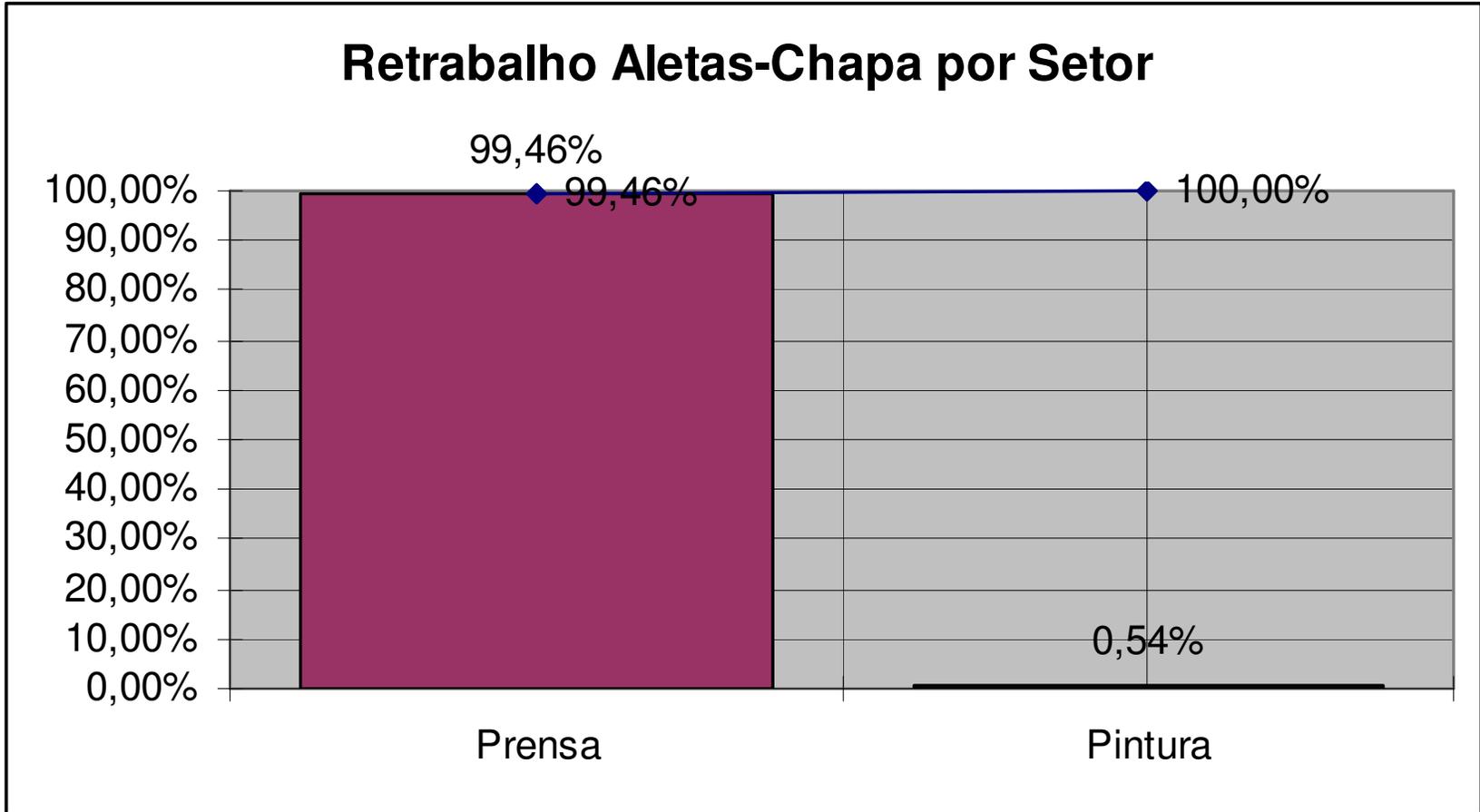


Gráfico 3.8 Diagrama de Pareto Aletas-Chapa Retrabalhadas por Setor

## Retrabalho Luminarias por Setor

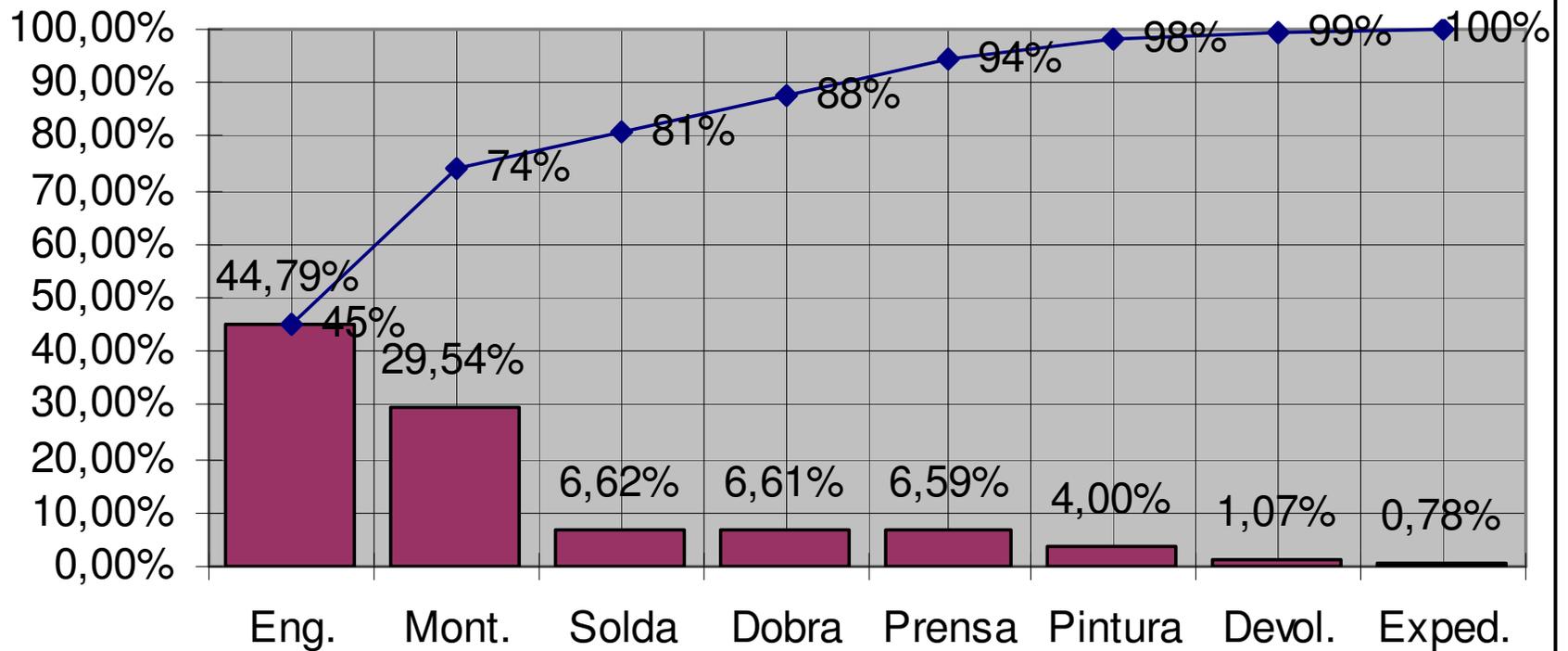


Gráfico 3.9 Diagrama de Pareto Luminárias Retrabalhadas por Setor

O gráfico de Re-Trabalho Aletas-Chapa por Setor deixa muito claro que o setor mais problemático para esse componente é a área de Estampagem, mais especificamente a Prensa.

Analisando as Luminárias, vemos que os setores como Engenharia (44,79%) e Montagem (29,54%) são os mais críticos para os problemas encontrados, sendo que a área da metalurgia (Solda, Dobra e Prensa) conta por 19,82% desses erros. Fato interessante uma vez que essa área geralmente representa grande parte dos defeitos.

Um estudo voltado para o setor da Prensa incluindo entrevistas com os operários e com a gerência para identificarmos as principais causas de problemas nesse setor, o desenvolvimento de diagramas de Ishikawa e a coleta de novos dados para que possamos quantificar essas novas variáveis, incluindo a montagem e análise de diagramas de Pareto deve nos preparar para resolver tais problemas.

Essa mesma metodologia será utilizada para a solução dos erros nas Luminárias. Porém, dependendo das causas dos problemas na Engenharia não os analisaremos, caso fujam do escopo de nosso projeto.

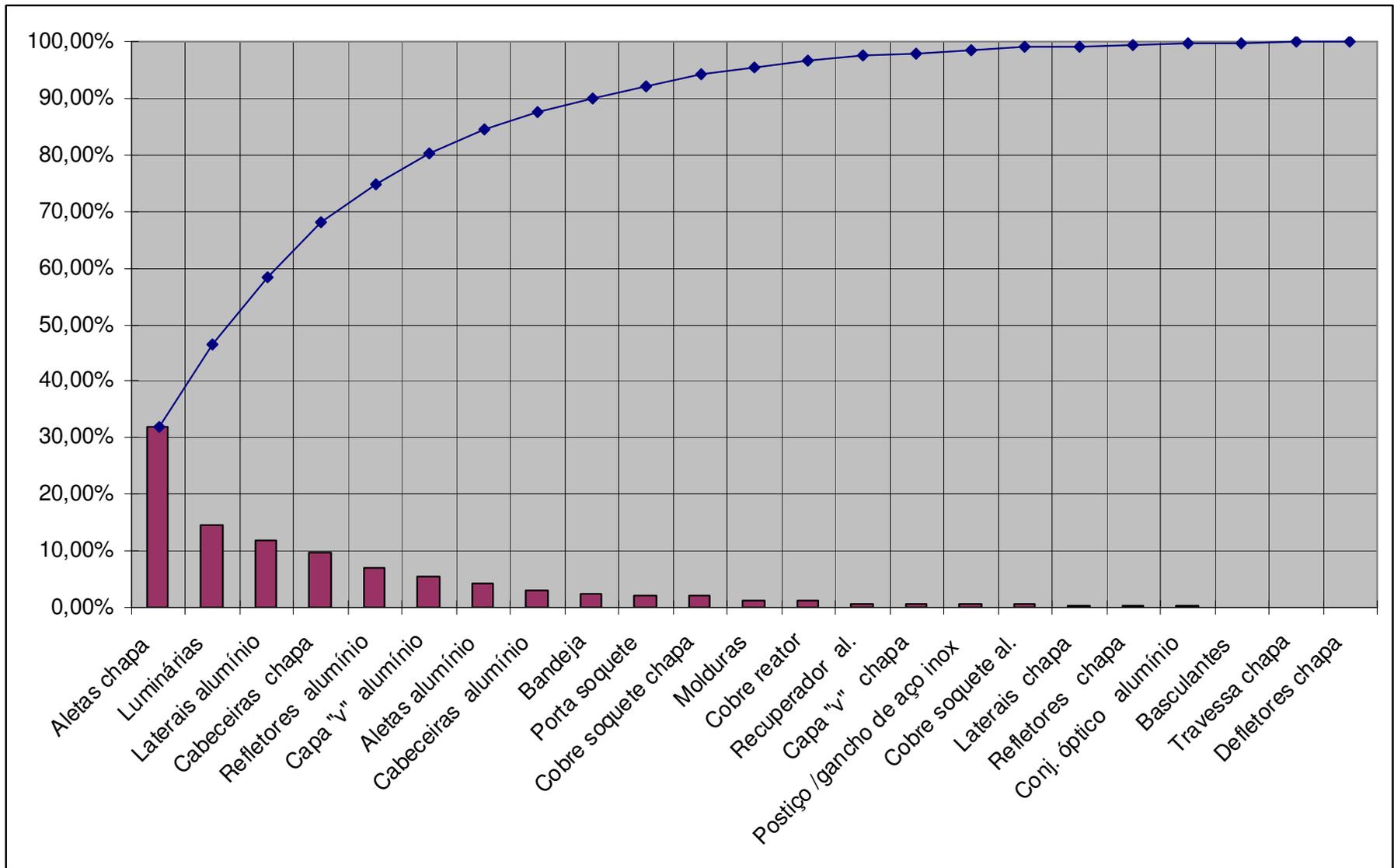


Gráfico 3.10 Diagrama de Pareto dos Componentes Sucatados

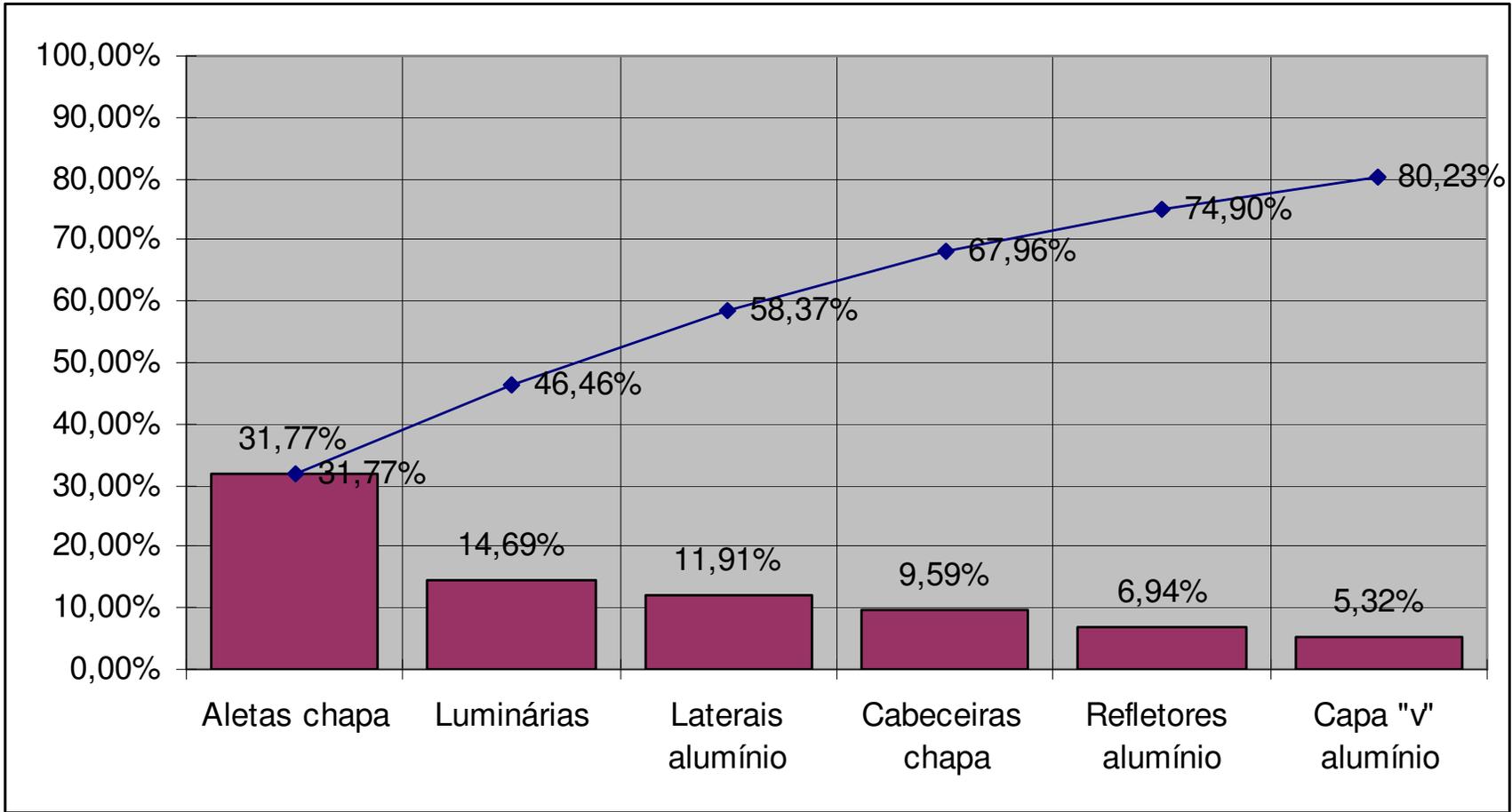


Gráfico 3.11 Diagrama de Pareto dos Componentes Sucatados Significativos

Percebemos que há 6 componentes que apresentam problemas, que representam 80,23% dos mesmos. Os outros 20 componentes somados não passam de 20% do total que foi para a Sucatagem

Os dados do segundo gráfico nos mostram que o estudo dos setores onde ocorrem as falhas para as aletas em chapas e para o corpo das luminárias pode nos guiar para a solução dos problemas relacionados à Sucatagem.

Podemos então nos focar na análise desses componentes.

## Sucata Aletas-Chapa por Setor

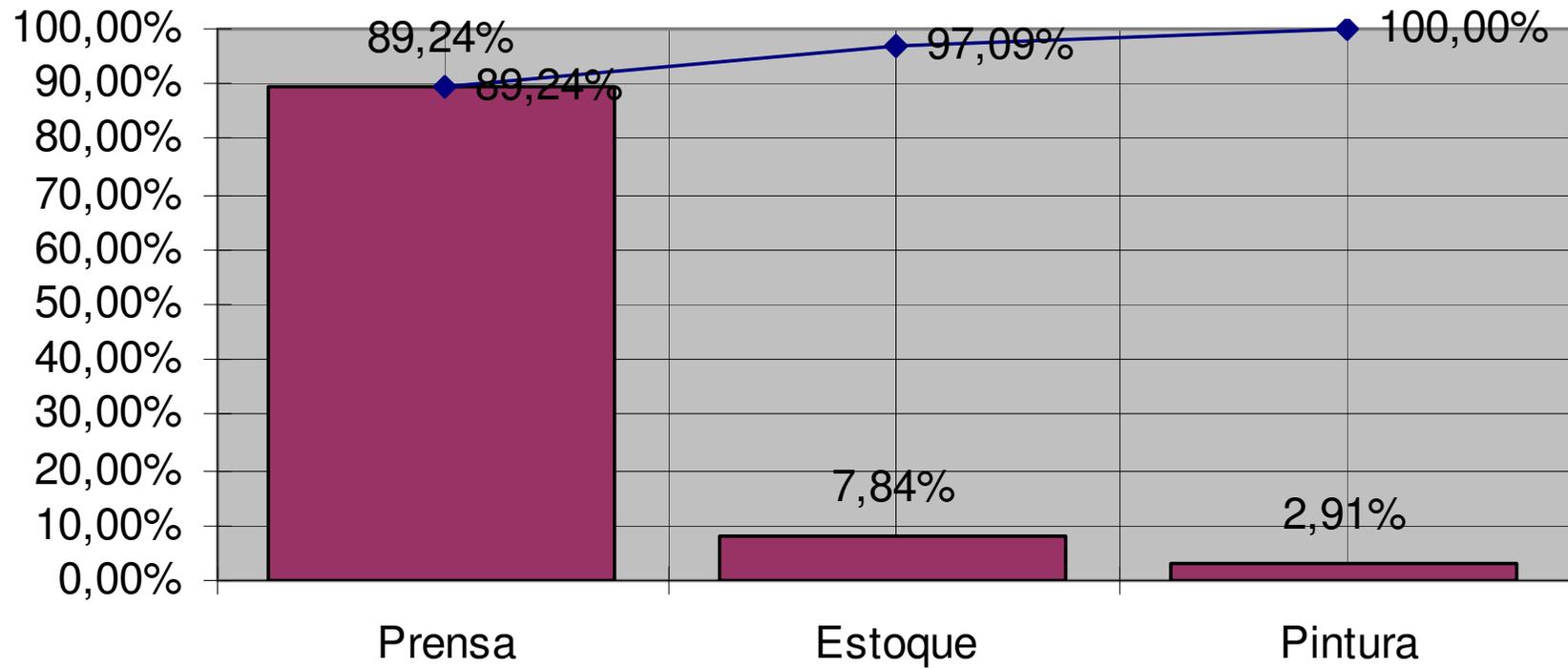


Gráfico 3.12 Diagrama de Pareto Aletas-Chapa Sucatadas por Setor

## Sucata Luminarias por Setor

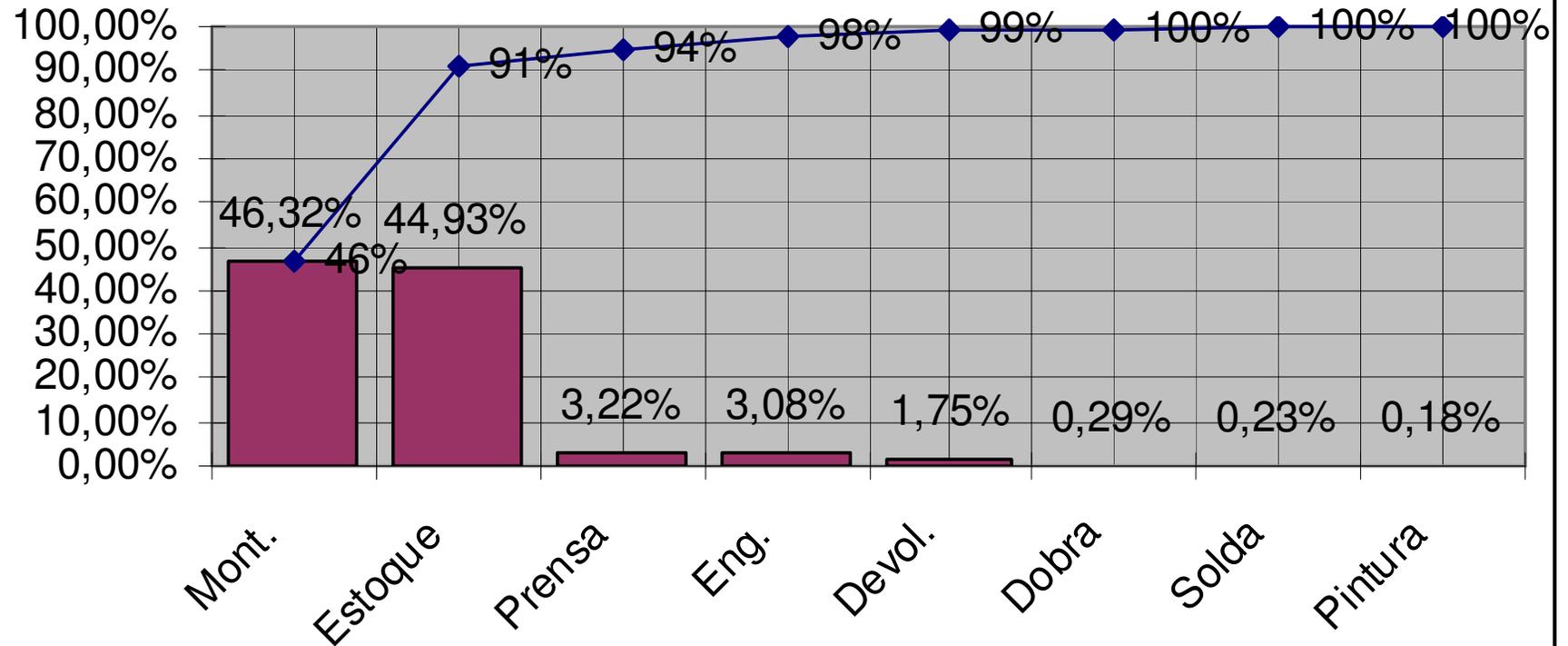


Gráfico 3.13 Diagrama de Pareto das Luminárias Sucatadas por Setor

O gráfico de Sucata Aletas-Chapa por Setor deixa muito claro que o setor mais problemático para esse componente é a área de Estampagem, mais especificamente a Prensa. Se pensarmos nas peças que foram re-trabalhadas vemos que a Prensa é realmente a etapa mais problemática na produção das aletas.

Analisando as Luminárias, vemos que os setores como Montagem (46,32%) e Estoque (44,93%) são os mais críticos para os problemas encontrados.

Novamente quando comparamos com as peças que foram re-trabalhadas percebemos um padrão, onde o setor de Montagem desempenha uma grande parcela.

Um estudo voltado para o setor da Prensa incluindo entrevistas com os operários e com a gerência para identificarmos as principais causas de problemas nesse setor, o desenvolvimento de diagramas de Ishikawa e a coleta de novos dados para que possamos quantificar essas novas variáveis, incluindo a montagem e análise de diagramas de Pareto deve nos preparar para resolver tais problemas.

Essa mesma metodologia será utilizada para a solução dos erros nas Luminárias.

Como as mesmas etapas são problemáticas para componentes sucitados e para re-trabalhados, o estudo será específico para essas etapas, mas abrangente no sentido de corrigir todos os tipos de defeitos.

Após visita à fábrica, fizemos uma pesquisa com os gerentes e com o departamento de Qualidade de forma a conseguir dados qualitativos a respeito dos principais defeitos que aparecem na área de metalurgia.

Assim,

Principais falhas:

1- Estampagem:

- a. Falha dimensional (devido ao treinamento e erros de programação)
- b. Amassamento (método e desleixo como principais causas)
- c. Excesso de rebarba na aleta (ferramental causa o erro)
- d. Ausência de estampa (pular a etapa) – causada por falta de treinamento e erro de programação

2- Soldagem

- a. Cordão muito largo (máquina desregulada)
- b. Amassamento (devido a potencia muito alta do equipamento - erro de regulagem e pessoal de empilhamento também causa a falha)
- c. Rompimento do cordão (falha da máquina)
- d. Furo (excesso de potencia, erro do operador)
- e. Solda fora de posição (falta de treinamento)

3- Dobra

- a. Dimensional (principalmente erro de ângulo – falta de treinamento em desenho e programação)
- b. Amassamento (desatenção)

De modo a conferir tais problemas e confrontar a visão da gerência com a dos funcionários que, de fato, vivenciam esses problemas, também fizemos uma pesquisa na linha de produção, em especial na área de Metalurgia.

As informações que nos foram dadas, foram em condições de sigilo e assim consolidadas, nos permitindo pensar em função das mesmas e chegar a conclusão que, de fato, os problemas são os mesmos, mas que as razões variam quando vistas do ponto de vista dos operários.

Tentamos então anotar as principais deficiências que estes funcionários sentem e depois relacioná-las com os defeitos e problemas que ocorrem em suas áreas.

Foram relatadas as seguintes deficiências dos operários:

82% apresentam dificuldade na interpretação de desenhos;

75% apresentam dificuldade no manuseio do maquinário, em especial dificuldades quanto a programação;

38% sentem falta de uma compreensão maior do processo como um todo;

23% reclamam de desorganização na linha (demora de outras etapas, falta de organização de sua área na troca de turnos).

Com base nesses dados e nas análises já elaboradas, temos que nos focar nas falhas da etapa Estampagem e expandir a pesquisa para a Montagem e Engenharia.

Uma coleta de dados feita de modo a quantificar esses problemas, assim como a elaboração de um diagrama de Pareto e uma análise de um Diagrama de Espinha-de-Peixe devem ser os próximos passos antes da formulação de hipóteses quanto a solução dos problemas.

Depois de novas entrevistas com a gerência da produção e com o departamento de Qualidade, observamos que os principais erros ligados à área de Engenharia, de fato, fogem do escopo deste trabalho, uma vez que estão relacionados

a erros nos projetos, como dimensionamento e erros na execução dos desenhos que a Engenharia passa para a Produção.

Tais problemas não serão analisados em nosso trabalho, mas para uma reformulação da empresa de modo a torná-la mais competitiva, com certeza deverão ser analisados e solucionados.

Analisando os principais erros que podem acontecer no setor de Montagem, área principal causadora de problemas nas Luminárias, podemos construir o seguinte diagrama de Pareto:

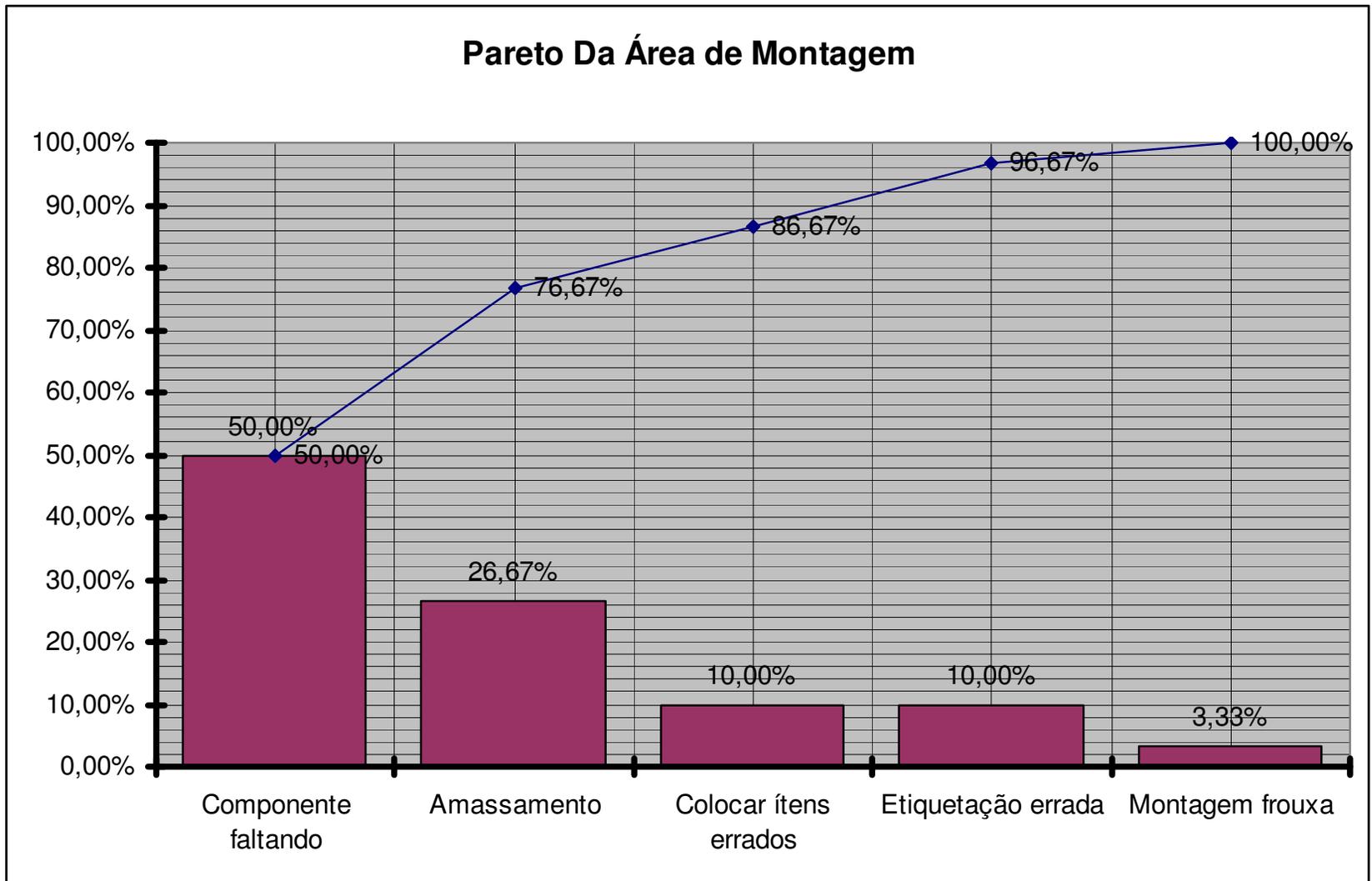


Gráfico 3.13 Diagrama de Pareto das Possíveis causas de Problemas na Montagem

Com base nas entrevistas observamos que os principais problemas relatados na área de Montagem na verdade estão relacionados a problemas na área de Estampagem e não são apontados no gráfico, uma vez que a impossibilidade da montagem das luminárias e as peças que são enviadas para serem retrabalhadas ou sucata, em sua grande maioria, são peças que foram mal estampadas e acabaram passando pelas outras etapas com problemas não percebidos.

A partir de tal diagrama percebemos que mesmo com um sistema de estoque controlado, nota-se uma grande dificuldade em termos de envio e separo das peças que serão de fato montadas, problemas com a precisão das peças e na quantidade das mesmas. O desleixo na estocagem pré-montagem mostra outro causador de amassamentos e futuros retrabalhos.

A contratação de mais funcionários para executar tais funções, ou a implementação de um sistema computadorizado para se organizar tais tarefas surgem como grandes soluções, porém, uma rápida avaliação dessas alternativas, que havia sido feita pelos gerentes da área de Montagem, comprova que as mesmas são inviáveis, por se tratar de um grande investimento que não traz tantos benefícios.

Focaremos nossos esforços, então, em identificar e atacar as principais causas de falhas na área de Estampagem.

Com base nos dados obtidos através das entrevistas e de medições regulares que a empresa realiza, podemos construir o seguinte diagrama de Pareto:

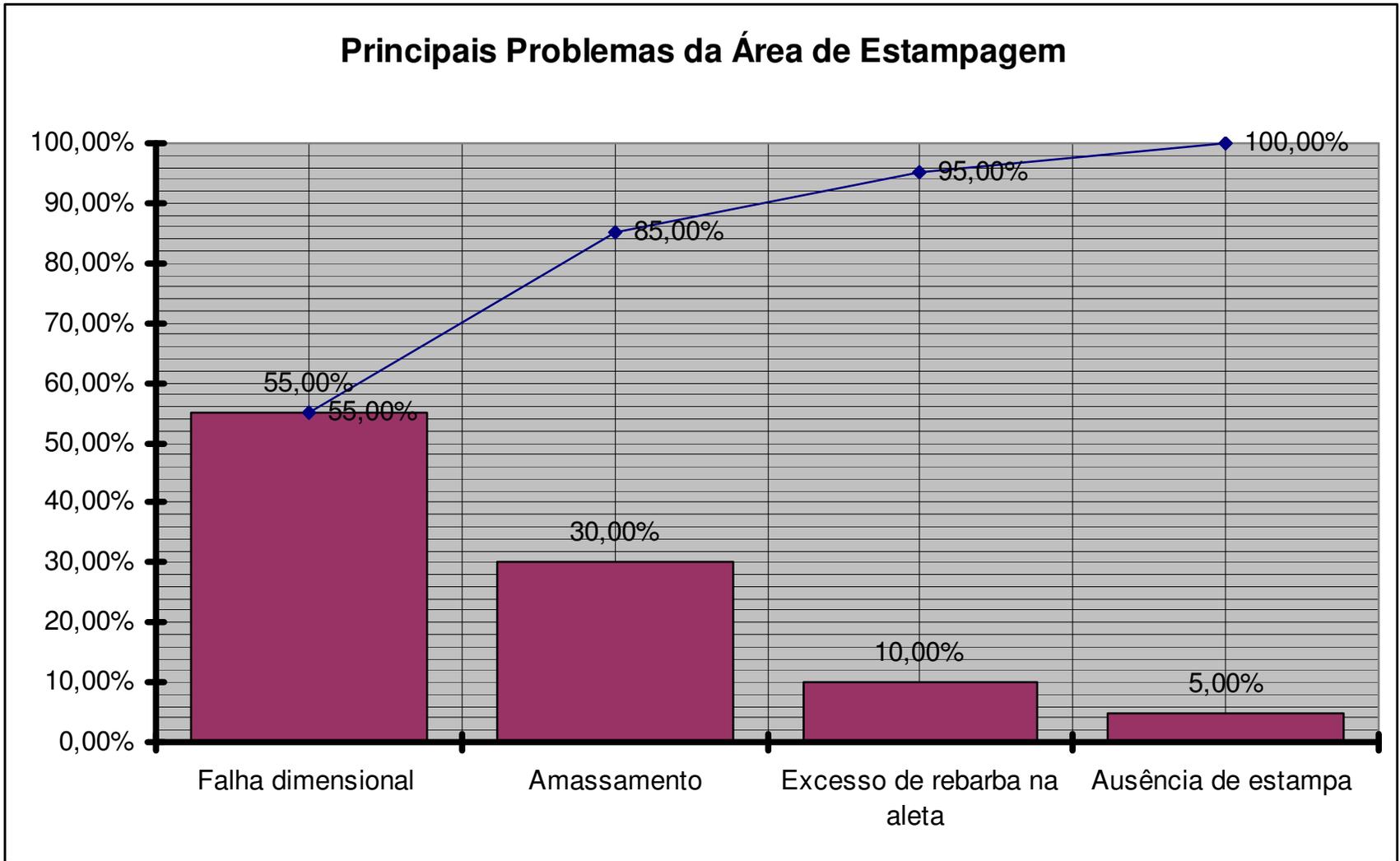


Gráfico 3.14 Diagrama de Pareto das Possíveis causas de Problemas na Estampagem

Percebemos, então que os principais problemas da área de Estampagem são as falhas dimensionais (55%) e os amassamentos (30%). De maneira a seguir com a metodologia adotada em nosso trabalho, estudaremos os problemas mais relevantes primeiramente de forma qualitativa, apresentando as principais causas por meio de um diagrama de Ishikawa e depois de algumas medições, faremos a abordagem quantitativa das possíveis causas destes problemas.

Através de entrevistas com os funcionários, podemos concluir que as principais causas dos amassamentos estão relacionadas ao método utilizado e ao desleixo de alguns funcionários durante a operação.

Tais atitudes podem ser solucionadas com mais treinamento e controle por parte da gerência, e estão relacionadas também a principal causa de falhas dimensionais como veremos a seguir.

Com os dados obtidos formulamos os seguintes diagramas:

## Diagrama de Espinha de Peixe

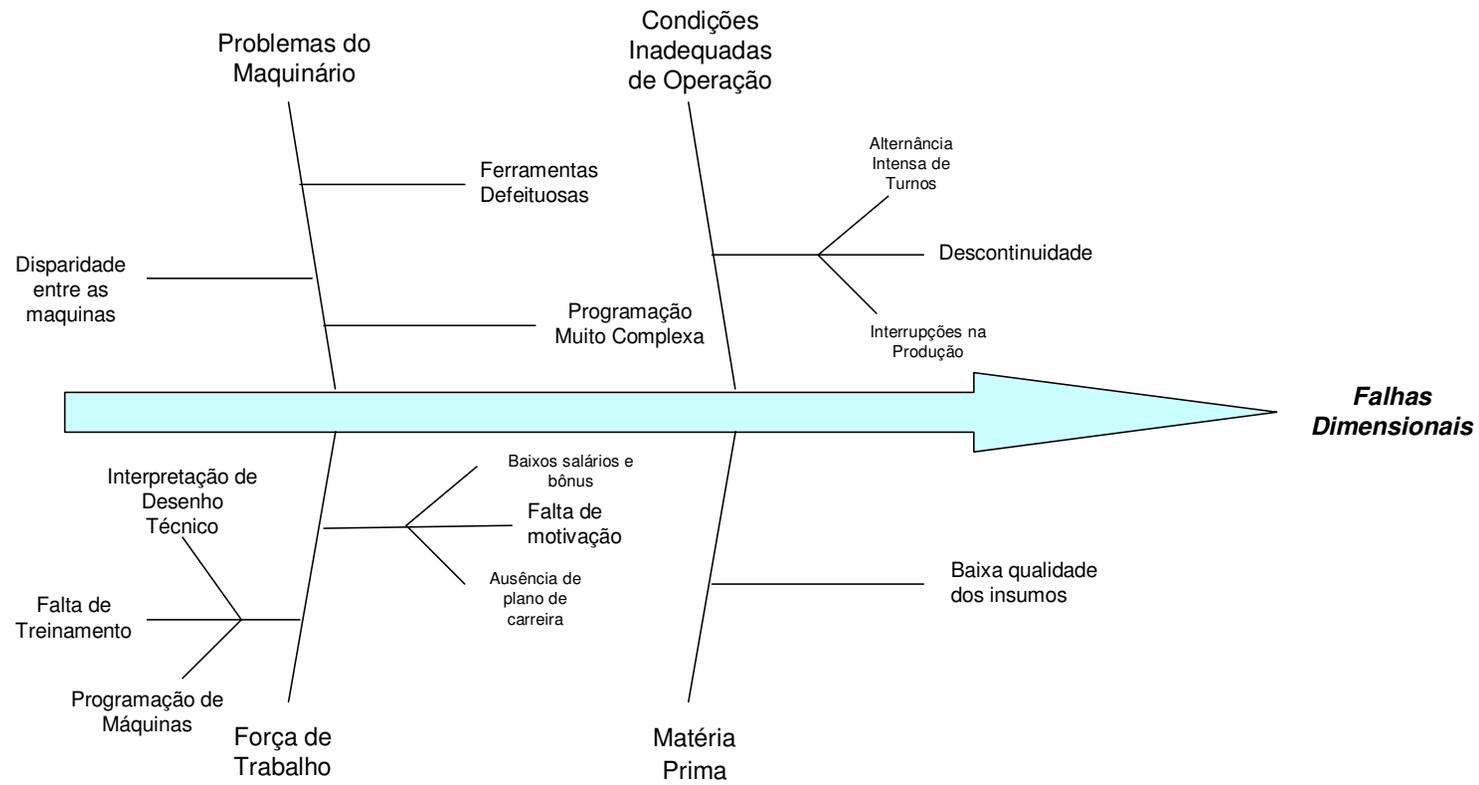


Figura 3.8 Diagrama de Ishikawa Possíveis Causas das Falhas Dimensionais

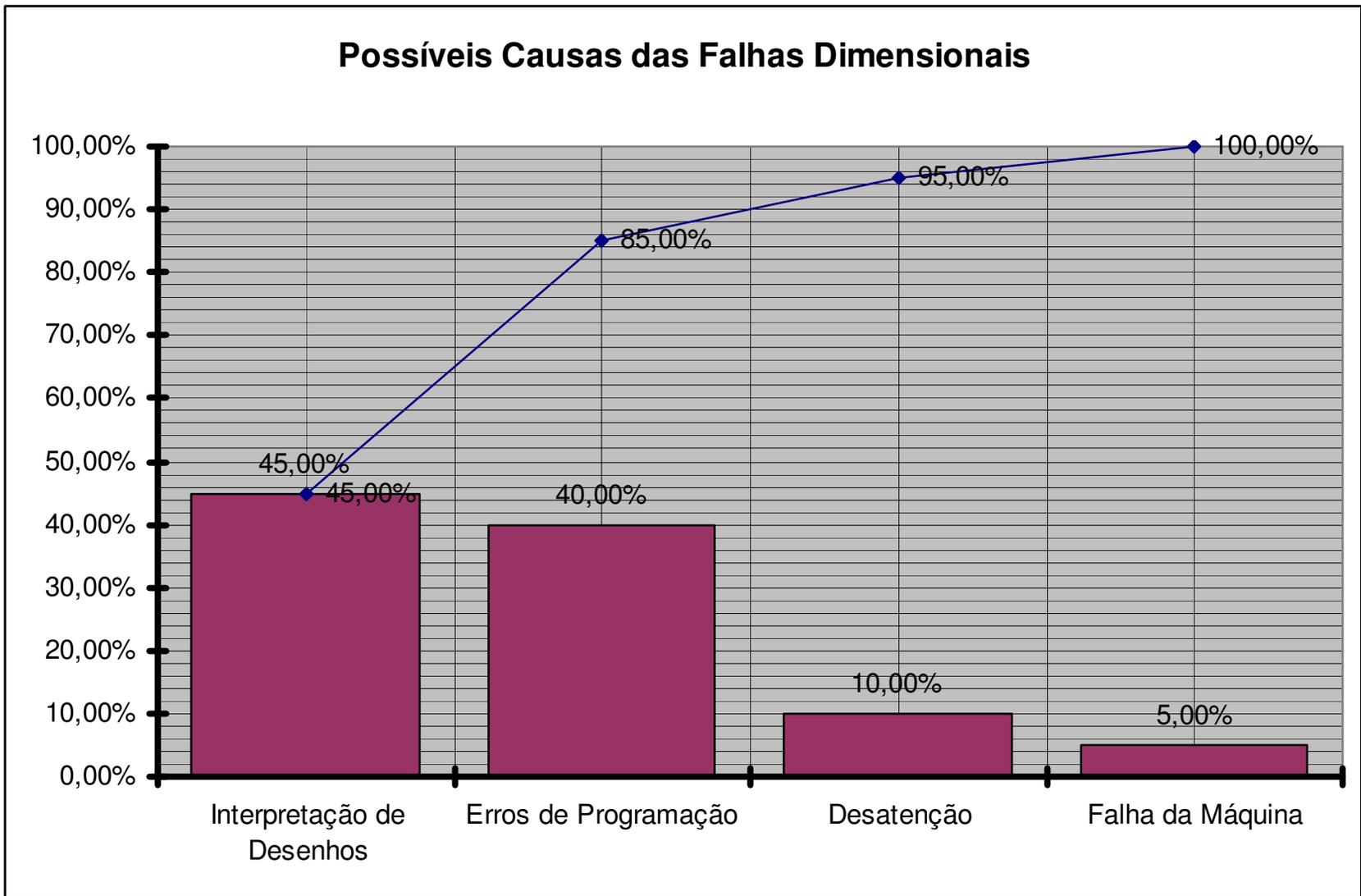


Gráfico 3.15 Diagrama de Pareto das Possíveis Causas de Falhas Dimensionais

Analisando as principais causas de falhas dimensionais percebemos que problemas com a Interpretação de Desenhos (45%) e Erros de Programação (40%) respondem juntos pela quase totalidade deste tipo de falha, que é a principal encontrada na empresa.

Percebemos também, que ambos possuem uma raiz única e que também é a principal fonte de problemas encontrada em outros setores importantes, como já foi descrito anteriormente, e podem ser solucionados com um mesmo tipo de abordagem.

Outra constatação é o fato destes problemas serem também os mais citados pelos funcionários em termos de deficiências, como já descritas nas entrevistas:

82% apresentam dificuldade na interpretação de desenhos;

75% apresentam dificuldade no manuseio do maquinário, em especial dificuldades quanto a programação;

A falta de treinamento para essas atividades se mostrou a principal causa de problema da Itaim Iluminação. Nas próximas seções será descrita uma abordagem mais detalhada quanto às principais medidas a se adotar para resolver este problema, tanto do ponto de vista técnico quanto uma avaliação econômica destas propostas.

### 3.1.4 Análise das Possíveis Soluções e Análise Financeira

Como discutido na seção anterior, após utilizarmos a metodologia do Seis Sigma, encontramos como principal causa dos problemas, a falta de treinamento dos funcionários, que foi também demonstrada através de entrevistas como a principal deficiência que eles sentiam quanto ao trabalho.

A solução mais viável para tal problema será o investimento em treinamento, com o foco para o treinamento nas áreas apontadas como mais críticas (Estampagem e Montagem) e nas disciplinas onde os operários sentem mais dificuldades Interpretação de Desenhos Técnicos e Programação de Máquinas.

Essa solução foi proposta para empresa como forma de projeto piloto para ser avaliada na pratica, assim apresentamos a seguir alguns cenários feitos para avaliar o potencial de retorno da medida:

Analisaremos primeiramente o potencial de ganho para peças sucataadas.

Hipóteses (dados coletados junto à empresa e em pesquisa de campo):

- a) As falhas dimensionais representam 55% das falhas na Estampagem;
- b) As falhas de Estampagem representam 89,24% das aletas sucataadas;
- c) As aletas representam 31,77% das peças sucataadas;
- d) São um total de 10000 aletas sucataadas por ano;
- e) Os erros por falta de treinamento respondem por 85,00% das falhas dimensionais (45% Interpretação de Desenhos, 40% Erros de Programação);
- f) Os problemas de Estampagem respondem por 50% dos problemas na Montagem;
- g) A Montagem representa 46,42% das Luminárias Sucataadas;
- h) São 5000 Luminárias Sucataadas por ano;
- i) O custo da matéria prima por aleta é R\$ 0,25;
- j) O custo da matéria prima por Luminária é R\$ 5,00;

- k) O preço médio de venda da luminária é R\$ 50,00;
- l) Projeção de reaproveitamento das Luminárias é 50%;
- m) Custo médio de Curso in Company de Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico e Programação Básica é R\$20.000,0

Assim em um cenário otimista a medida poderia eliminar até 75% dos problemas relacionados ao treinamento. Teríamos primeiro um ganho relacionado à economia de matéria prima tanto para as aletas quanto para as luminárias:

**Tabela 3.2 Economia em Matéria Prima Aleta**

Aletas Sucatadas	10.000,00
Falhas de Estampagem	89,24%
Falhas Dimensionais	55,00%
Falta de Treinamento	85,00%
Eficácia	75,00%
Custo de Matéria Prima por Aleta (R\$)	0,25
<b>ECONOMIA EM MATÉRIA PRIMA ALETA (R\$)</b>	<b>782,24</b>

Com um total de 3.127 aletas salvas, chegamos a uma economia de R\$782,24 por ano em matéria prima para aletas.

Analogamente para as luminárias:

**Tabela 3.3 Economia em Matéria Prima Luminárias**

Luminárias Sucatadas	5.000,00
Falhas de Montagem	46,42%
Falhas de Estampagem	50,00%
Falhas Dimensionais	55,00%
Falta de Treinamento	85,00%
Eficácia	75,00%
Custo de Matéria Prima por Luminária (R\$)	5,00
<b>ECONOMIA EM MATÉRIA PRIMA LUMINÁRIAS (R\$)</b>	<b>2.034,50</b>

Com um total de 407 luminárias salvas, chegamos a uma economia de R\$2.034,50 por ano em matéria prima para luminárias.

Somados a estes valores temos o efeito de que, graças a não sucatagem das luminárias, conseguiremos vender uma quantidade extra de luminárias por ano, sendo uma nova fonte de receita. Assim:

**Tabela 3.4 Comercialização de Mercadoria Perdidos**

Luminárias Sucatadas	5.000,00
Falhas de Montagem	46,42%
Falhas de Estampagem	50,00%
Falhas Dimensionais	55,00%
Falta de Treinamento	85,00%
Eficácia	75,00%
Projeção de Reaproveitamento	50,00%
Preço Médio por Luminária	50,00
<b>TOTAL REAPROVEITAMENTO LUMINÁRIAS (R\$)</b>	<b>10.172,51</b>

Fazendo uma projeção do Fluxo de Caixa para este projeto temos:

**Tabela 3.5 Fluxo de Caixa da Proposta**

	Ano 1	Ano 2
RECEITA	R\$ 12.989,25	R\$ 12.989,25
Comercialização de Mercadoria Perdida	R\$ 10.172,51	R\$ 10.172,51
Economia em materia prima aletas	R\$ 782,24	R\$ 782,24
Economia em materia prima luminárias	R\$ 2.034,50	R\$ 2.034,50
CUSTO	(R\$ 20.000,00)	R\$ 0,00
Investimento	(R\$ 20.000,00)	R\$ 0,00
<b>TOTAL</b>	<b>(R\$ 7.010,75)</b>	<b>R\$ 12.989,25</b>
<b>FLUXO DE CAIXA</b>	<b>(R\$ 7.010,75)</b>	<b>R\$ 5.978,50</b>

Onde o Investimento é referente apenas ao Custo médio de um Curso in Company de Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico e Programação Básica para turmas de até 20 pessoas, que são os operadores das áreas já citadas.

A análise financeira mostra que tal projeto é viável e tem um tempo de retorno de investimento de menos de 2 anos, lembrando que estamos considerando apenas as peças sucata, se pensarmos na economia de tempo que tal projeto traria quando se tratando das peças que foram retrabalhadas, e como este tempo de retrabalho pode ser utilizado para a produção de mais peças com qualidade, temos um novo horizonte em se tratando do tempo de retorno do investimento.

### 3.1.5 Aplicação de Conceitos de Manufatura Enxuta

Simultaneamente a abordagem aos problemas de qualidade utilizando conceitos da metodologia Seis Sigma, fizemos um estudo sobre os processos de produção da Itaim Iluminação utilizando os conceitos do Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) apresentados na **seção 2.2**, visando melhores níveis de velocidade, desempenho e de produção.

Para tal, a primeira tarefa foi o mapeamento do processo produtivo, já descrito em detalhes na **seção 3.1.2**, depois de mapeado, através de visitas onde foram tomadas medidas de tempo de alguns processos específicos e confrontadas tais medidas com as descritas no relatório sobre tempos de processo e tempos de espera que será apresentado posteriormente, teremos condições de qualificá-las em etapas que adicionam ou não valor ao produto e aplicando os conceitos envolvidos nesse método tentar identificar os principais gargalos da produção.

Uma nova fonte de dados nos foi concedida contendo os registros sobre tempos de processo e tempos de espera. Tal relatório apresenta uma grande quantidade de informações, por motivos de segurança e para que possamos ter uma melhor compreensão dos mesmos, reproduzimos abaixo apenas certos segmentos já analisados e formatados, exemplificando os processos dos modelos mais comercializados, onde uma alteração no processo produtivo acarretará maior impacto.

Ressaltamos que os dados são relativos às etapas de produção na Metalurgia, uma vez que as etapas de Tratamento Térmico, Pintura e Montagem são acionadas pelos pedidos dos consumidores e pelo fato de ser uma empresa de médio porte, podemos considerar que tais processos atuem seguindo os conceitos de produção puxada, havendo tempo de espera pouco considerável e já trabalhando no limite de produção.

Luminária	Componente	Processo	Qtde	Data	Espera (Dias)	Início	Términ	Processo (hh:m)	Resultados	Tempo/pc
3320 232 300	Chassi	Estampagem	30	14/11/07	0	23:13	0:27	1:14		0:02:28
3320 232 300	Chassi	Estampagem	166	15/11/07	1	0:27	2:50	2:23		0:00:52
3320 232 300	Chassi	Dobra	11	15/11/07	0	6:30	6:48	0:18		0:01:38
3320 232 300	Chassi	Estampagem	204	15/11/07	0	14:00	16:00	2:00		0:00:35
3320 232 300	Chassi	Dobra	340	16/11/07	1	6:00	14:00	8:00		0:01:25
3320 232 300	Chassi	Dobra	49	16/11/07	0	15:10	16:20	1:10	Processamento (hh:mm)	0:01:26
3320 232 300	Corpo	Solda	151	16/11/07	0	18:40	23:27	4:47	47:14:00	0:01:54
3320 232 300	Corpo	Solda	176	16/11/07	0	18:40	23:27	4:47	Tempo/lum.	0:01:38
3320 232 300	Corpo	Solda	190	16/11/07	0	0:35	6:48	6:13	0:08:46	0:01:58
3320 232 300	Corpo	Solda	85	17/11/07	1	4:00	6:48	2:48	Lead Time	0:01:59
3320 232 300	Refletor	Corte	250	10/11/07	0	12:57	15:00	2:03	7	0:00:30
3320 232 300	Refletor	Corte	151	12/11/07	2	6:00	7:20	1:20		0:00:32
3320 232 300	Refletor	Prensa	400	13/11/07	1	9:35	12:15	2:40		0:00:24
3320 232 300	Refletor	Dobra	20	13/11/07	0	6:17	6:48	0:31		0:01:33
3320 232 300	Refletor	Dobra	380	13/11/07	0	7:00	14:00	7:00		0:01:06

**Tabela 3.6 Análise dos Tempos de Produção e Espera Luminária 3320**



**Figura 3.6 Luminária modelo 3320**

3790 232 300	Chassi	Estampagem	119	11/12/07	0	13:30	15:00	1:30		0:00:45
3790 232 300	Chassi	Estampagem	20	11/12/07	0	15:00	15:18	0:18		0:00:54
3790 232 300	Chassi	Estampagem	80	12/12/07	1	5:10	6:50	1:40		0:01:15
3790 232 300	Chassi	Estampagem	81	12/12/07	0	6:50	8:31	1:41		0:01:15
3790 232 300	Chassi	Dobra	313	12/12/07	0		13:35	13:35		0:02:36
3790 232 300	Corpo	Solda	102	13/12/07	1	5:25	6:48	1:23		0:00:49
3790 232 300	Corpo	Solda	36	13/12/07	0	5:25	6:48	1:23	Processamento (hh:mm)	0:02:18
3790 232 300	Corpo	Solda	134	13/12/07	0	13:00	15:00	2:00	60:44:00	0:00:54
3790 232 300	Corpo	Solda	90	13/12/07	0	13:00	15:00	2:00	Tempo/lum.	0:01:20
3790 232 300	Corpo	Solda	73	13/12/07	0	15:00	17:35	2:35	0:13:17	0:02:07
3790 232 300	Corpo	Solda	73	13/12/07	0	15:00	16:45	1:45	Lead Time	0:01:26
3790 232 300	Corpo	Solda	40	13/12/07	0	22:30	23:15	0:45	22	0:01:07
3790 232 300	Cabeceira	Corte	606	21/11/07	0	22:15	22:30	0:15		0:00:01
3790 232 300	Cabeceira	Corte	606	22/11/07	1	3:40	4:30	0:50		0:00:05
3790 232 300	Cabeceira	Estampagem	612	22/11/07	0	16:55	21:38	4:43		0:00:28
3790 232 300	Cabeceira	Estampagem	612	23/11/07	1	6:10	7:40	1:30		0:00:09
3790 232 300	Cabeceira	Estampagem	612	24/11/07	1	12:40	13:58	1:18		0:00:08
3790 232 300	Cabeceira	Dobra	609	26/11/07	2	8:52	13:38	4:46		0:00:28
3790 232 300	Cobre Reator	Corte	303	21/11/07	0	22:40	22:56	0:16		0:00:03
3790 232 300	Cobre Reator	Corte	303	22/11/07	1	2:10	3:30	1:20		0:00:16
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	22/11/07	0	22:00	23:00	1:00		0:00:12
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	24/11/07	2	9:20	11:40	2:20		0:00:28
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	26/11/07	2	6:15	7:15	1:00		0:00:12
3790 232 300	Cobre Reator	Dobra	40	26/11/07	0	14:22	15:00	0:38		0:00:57
3790 232 300	Cobre Reator	Dobra	56	26/11/07	0	15:02	15:25	0:23		0:00:25
3790 232 300	Cobre Reator	Dobra	206	26/11/07	0	21:20	22:40	1:20		0:00:23
3790 232 300	Aleta	Estampagem	2250	8/1/08	0	16:30	22:00	5:30		0:00:09
3790 232 300	Aleta	Estampagem	2050	8/1/08	0	19:10	23:24	4:14		0:00:07
3790 232 300	Lateral	Corte	384	26/11/07	0	12:52	14:55	2:03		0:00:19
3790 232 300	Lateral	Dobra	100	26/11/07	0	22:30	0:25	1:55		0:01:09
3790 232 300	Lateral	Dobra	280	27/11/07	1	0:30	2:30	2:00		0:00:26
3790 232 300	Lateral	Corte	224	27/11/07	0	6:45	7:30	0:45		0:00:12
3790 232 300	Lateral	Dobra	224	27/11/07	0	14:03	14:35	0:32		0:00:09
3790 232 300	Lateral	Dobra	224	27/11/07	0	14:08	14:40	0:32		0:00:09
3790 232 300	Lateral	Dobra	224	27/11/07	0	14:10	14:45	0:35		0:00:09
3790 232 300	Lateral	Dobra	224	27/11/07	0	15:25	15:45	0:20		0:00:05
3790 232 300	Capa-V	Corte	195	23/11/07	0	14:20	14:56	0:36		0:00:11
3790 232 300	Capa-V	Corte	110	24/11/07	1	6:50	7:34	0:44		0:00:24
3790 232 300	Capa-V	Dobra	305	26/11/07	2	14:35	14:35	0:00		0:00:00
3790 232 300	Capa-V	Dobra	176	26/11/07	0	14:20	15:00	0:40		0:00:14
3790 232 300	Capa-V	Dobra	170	26/11/07	0	14:20	15:00	0:40		0:00:14
3790 232 300	Capa-V	Dobra	126	26/11/07	0	15:05	15:30	0:25		0:00:12
3790 232 300	Capa-V	Dobra	135	26/11/07	0	15:06	15:40	0:34		0:00:15

**Tabela 3.7 Análise dos Tempos de Produção e Espera Luminária 3790**



**Figura 3.7 Luminária modelo 3790**

3517 228 300	Cabeceira-A	Corte	27	21/11/07	0	12:35	12:50	0:15		0:00:33
3517 228 300	Cabeceira-A	Prensa	27	22/11/07	1	12:35	13:05	0:30		0:01:07
3517 228 300	Cabeceira-A	Dobra	26	23/11/07	1	8:27	8:38	0:11		0:00:25
3517 228 300	Cabeceira-B	Corte	29	21/11/07	0	12:50	13:05	0:15		0:00:31
3517 228 300	Cabeceira-B	Prensa	29	22/11/07	1	12:35	13:05	0:30		0:01:02
3517 228 300	Cabeceira-B	Dobra	26	23/11/07	1	7:50	8:25	0:35		0:01:21
3517 228 300	Porta Soquete	Estampagem	48	29/11/07	0	15:25	15:45	0:20		0:00:25
3517 228 300	Porta Soquete	Dobra	51	17/12/07	18	22:05	22:55	0:50	Processamento (hh:mm)	0:00:59
3517 228 300	Chassi	Estampagem	25	17/12/07	0	19:19	22:20	3:01	16:43:00	0:07:14
3517 228 300	Chassi	Prensa	25	17/12/07	0	23:20	23:50	0:30	Tempo/lum.	0:01:12
3517 228 300	Chassi	Dobra	27	18/12/07	1	0:40	1:20	0:40		0:01:29
3517 228 300	Corpo	Solda	27	18/12/07	0	0:50	1:33	0:43	Lead Time	0:01:36
3517 228 300	Corpo	Solda	25	18/12/07	0	1:40	4:35	2:55	35	0:07:00
3517 228 300	Cobre Soquete Alum.	Corte	24	22/11/07	0	16:20	16:36	0:16		0:00:40
3517 228 300	Cobre Soquete Alum.	Prensa	24	24/11/07	2	8:10	8:28	0:18		0:00:45
3517 228 300	Cobre Soquete Alum.	Prensa	24	26/11/07	2	9:50	11:40	1:50		0:04:35
3517 228 300	Cobre Soquete Alum.	Dobra	24	29/11/07	3	9:04	9:13	0:09		0:00:23
3517 228 300	Refletor Alum.	Corte	25	22/11/07	0	15:58	16:15	0:17		0:00:41
3517 228 300	Refletor Alum.	Prensa	24	22/11/07	0	23:00	0:20	1:20		0:03:20
3517 228 300	Refletor Alum.	Prensa	24	23/11/07	1	16:25	17:05	0:40		0:01:40
3517 228 300	Refletor Alum.	Dobra	6	26/12/07	33	15:00	15:38	0:38		0:06:20

**Tabela 3.8 Análise dos Tempos de Produção e Espera Luminária 3517**



**Figura 3.8 Luminária modelo 3517**

Podemos observar que as luminárias mesmo pertencendo ao mesmo grupo, Luminárias Comerciais de Sobrepor, apresentam grandes diferenças tanto nos desenhos das peças quanto no tempo requerido para o processo de cada uma. Lembrando que os processos são singulares, mas muito semelhantes podemos então construir esta análise conjunta.

Com esses dados conseguimos montar a seguinte tabela:

**Tabela 3.9 Análise dos Tempos de Produção e Espera e Coeficientes de Eficiência**

<b>Modelo 3320</b>	<b>Estampagem</b>	<b>Dobra</b>	<b>Solda</b>	<b>Corte</b>	<b>Prensa</b>	<b>Processo</b>
Processamento (hh:mm)	05:37:00	16:59:00	18:35:00	03:23:00	02:40:00	<b>47:14:00</b>
Lead Time	16:47:00	34:03:00	36:08:00	43:00:00	2:40:00	<b>168:00:00</b>
<b>Eficiência</b>	<b>33,47%</b>	<b>49,88%</b>	<b>51,43%</b>	<b>7,87%</b>	<b>100,00%</b>	<b>28,12%</b>
<b>Modelo 3517</b>						
Processamento (hh:mm)	03:21:00	03:03:00	03:38:00	01:03:00	05:38:00	<b>16:43:00</b>
Lead Time	438:45:00	600:00:00	3:45:00	25:40:00	612:00:00	<b>840:00:00</b>
<b>Eficiência</b>	<b>0,76%</b>	<b>0,51%</b>	<b>96,89%</b>	<b>4,09%</b>	<b>0,92%</b>	<b>1,99%</b>
<b>Modelo 3790</b>						
Processamento (hh:mm)	22:24:00	04:55:00	11:51:00	06:49:00	04:20:00	<b>74:19:00</b>
Lead Time	95:00:00	31:00:00	17:50:00	144:00:00	95:00:00	<b>528:00:00</b>
<b>Eficiência</b>	<b>23,58%</b>	<b>93,28%</b>	<b>66,45%</b>	<b>4,73%</b>	<b>4,56%</b>	<b>14,08%</b>

Seguindo os critérios apresentados por George (2002) em “*Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*”, um processo Enxuto é aquele em que a eficiência de ciclo é maior do que 25%.

Relembrando que para o cálculo da eficiência usamos o seguinte método:

$$\text{Eficiência do Ciclo de Processo} = \frac{\text{Tempo Adicionador de Valor}}{\text{Lead Time Total}}$$

Onde todas as etapas analisadas e apresentadas nas tabelas acima são adicionadoras de valor, e o Lead Time Total é o Lead Time do Processo.

Analisando tais dados podemos concluir que o processo do modelo 3320 apresenta eficiência de 28,12%, logo pode ser considerado um processo enxuto, mesmo tendo uma eficiência na etapa de Corte de apenas 7,87%. Investigando o porquê desta disparidade de eficiência, notamos que houve um tempo de espera de 2 dias para a finalização desta etapa o que explica tal comportamento.

Através das entrevistas pudemos perceber que os dados desta linha são os que melhor representam os processos para os modelos da linha de Luminárias Comerciais de Sobrepor, por apresentar o processo mais “típico” e ser o tipo de modelo mais comercializado.

O modelo 3517 apresenta eficiência global de cerca de 2% o que é considerado muito baixo e nos causa bastante estranheza. Analisando as tabelas notamos que os processos para tal modelo são eficientes, mas apresentam este coeficiente de eficácia muito baixo, pois há um lead time de 35 dias, sendo que para algumas etapas houve até 33 dias de espera para a conclusão.

Depois de algumas entrevistas com o departamento de Qualidade, notou-se que esse era na verdade um exemplo atípico e não demonstra com precisão o que de fato acontece na produção de tal modelo. Os atrasos e dias de espera foram causados por pedidos urgentes de produtos especiais que não são produtos de linha e que tiveram prioridade na produção e então deixando tal modelo, regular de linha e com estoque, em espera naquele período.

Tais entrevistas também demonstraram que o comportamento para o processo do modelo 3517 em relação ao tempo de produção, se assemelha muito ao modelo 3790.

O processo de produção do modelo 3790 apresenta coeficiente de eficiência de 14,08%, considerado bom, porém, ainda abaixo dos 25% para podermos considerá-lo como enxuto.

A análise das tabelas nos mostra que as etapas de Dobra e Solda apresentam eficiência muito alta, sendo processos enxutos. A Estampagem, tendo eficiência de 23,53%, pode ser considerada enxuta se levarmos em consideração os erros envolvidos nas medidas.

Analisaremos então as etapas de Corte e Prensa.

**Tabela 3.10 Análise do Processo de Corte Luminária 3790**

Luminária	Componente	Processo	Qtde	Data	Espera (Dias)	Início	Término	Processo (hh:mm)
3790 232 300	Cabeceira	Corte	606	21/11/07	0	22:15	22:30	0:15
3790 232 300	Cabeceira	Corte	606	22/11/07	1	3:40	4:30	0:50
3790 232 300	Cobre Reator	Corte	303	21/11/07	0	22:40	22:56	0:16
3790 232 300	Cobre Reator	Corte	303	22/11/07	1	2:10	3:30	1:20
3790 232 300	Lateral	Corte	384	26/11/07	0	12:52	14:55	2:03
3790 232 300	Lateral	Corte	224	27/11/07	0	6:45	7:30	0:45
3790 232 300	Capa-V	Corte	195	23/11/07	0	14:20	14:56	0:36
3790 232 300	Capa-V	Corte	110	24/11/07	1	6:50	7:34	0:44

**Tabela 3.11 Análise do Processo de Prensa Luminária 3790**

Luminária	Componente	Processo	Qtde	Data	Espera (Dias)	Início	Término	Processo (hh:mm)
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	22/11/07	0	22:00	23:00	1:00
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	24/11/07	2	9:20	11:40	2:20
3790 232 300	Cobre Reator	Prensa	302	26/11/07	2	6:15	7:15	1:00

Primeiramente, rearranjando os dados da tabela de corte e fazendo uma análise de eficiência da etapa por componente, construímos a seguinte tabela:

**Tabela 3.12 Análise do Processo de Corte e coeficientes de Eficiência Luminária 3790**

	Cabeceira	Cobre Reator	Lateral	Capa-V
Processamento (hh:mm)	1:05:00	1:36:00	2:48:00	1:20:00
Lead Time Etapa/Componente	6:15:00	4:50:00	18:38:00	17:14:00
<b>Eficiência</b>	<b>17%</b>	<b>33%</b>	<b>15%</b>	<b>8%</b>

Onde podemos perceber que os principais problemas estão relacionados ao corte da Capa-V e este problema é causado principalmente pelo tempo de espera para finalizar esta etapa.

O outro gargalo do processo é a etapa de Prensa, onde rapidamente notamos que o principal problema também se dá pelo grande quantidade de dias de espera para que os processos sejam concluídos.

Analisando a linha de produção da Itaim e relacionando esta produção com o porte da empresa e a forma como certos tipos de produtos são incluídos nesta linha, pode-se perceber que os tempos de espera particularmente altos se dão devido ao confronto entre os produtos regulares de linha e os produtos especiais e/ou de pouca saída, que têm uma grande variação na quantidade de pedidos, na periodicidade e tamanho dos mesmos. Esta situação faz com que certos pedidos acabem se tornando mais urgentes acarretando em espera para outros produtos que já estavam na linha.

Soluções simples seriam o maior controle dos agendamentos da produção e a adição de novas unidades de produção na parte de Prensa e Corte, voltadas em especial para as urgências e redefinições de projetos.

O controle no agendamento da produção é dependente dos pedidos e como já foi citado, devido a grande variabilidade no pedido de algumas peças, se torna muito difícil tal controle e por causa do porte da empresa é financeiramente inviável a não alteração do mesmo para atender aos pedidos que são mais rentáveis.

Porém, dadas as atuais circunstâncias, a empresa sendo de médio porte em fase de expansão, podemos dizer que em um futuro próximo é de extrema importância tal controle e que a adição de novas máquinas seguirá esta expansão. Contudo não podemos garantir que estas novas unidades serão voltadas para as etapas de Prensa e Corte como mostradas necessárias neste estudo, pois tal medida deve ser analisada dentro do contexto de planejamento estratégico da empresa, onde outras variáveis, que aqui não foram mencionadas, pois não fazem parte do escopo do projeto, têm um papel importante nesta decisão.

Portanto, não será feito um estudo de viabilidade financeira para tais soluções.

### 3.1.6 Conclusões

Analisamos a empresa Itaim Luminárias, utilizando os conceitos da metodologia Lean Seis Sigma.

Na área de Qualidade, primeiro definimos os problemas que a empresa enfrentava através de entrevistas com os sócios e gerentes. Depois mapeamos o processo produtivo e por meio de entrevistas com os gerentes e operários, análises de relatórios gerenciais e tomadas de medidas construímos as bases de dados que depois foram analisadas sobre a ótica das ferramentas da Engenharia de Qualidade tais como Diagramas de Pareto e de Ishikawa.

Concluímos que os principais problemas estavam relacionados às áreas de Estampagem e Montagem, e que tais erros ocorriam principalmente por causa de erros humanos provenientes de deficiências dos operários em algumas atividades específicas como interpretação de desenhos técnicos e programação das máquinas de Estampagem.

Apontamos como solução o investimento em treinamentos, e a partir de certas hipóteses razoáveis, percebemos que esta alternativa teria um tempo de retorno do investimento de menos de 2 anos e a partir daí, um aumento de receita da ordem de R\$ 10.000,00 por ano.

Simultaneamente fizemos uma análise do processo produtivo por meio da metodologia da Manufatura Enxuta, definimos a cadeia de valor, calculamos os tempos dos processos e coeficientes de eficiência para assim determinar os gargalos produtivos. Percebemos que a maioria dos processos caminha para uma eficiência de processo enxuto. Analisamos alguns setores que mostravam gargalos e percebemos que estes gargalos eram causados principalmente por um alto tempo de espera para a finalização de certas etapas. Porém, esta espera é resultado do atual situação de expansão da empresa e pelo confronto entre produtos regulares de linha e produtos especiais na linha de produção.

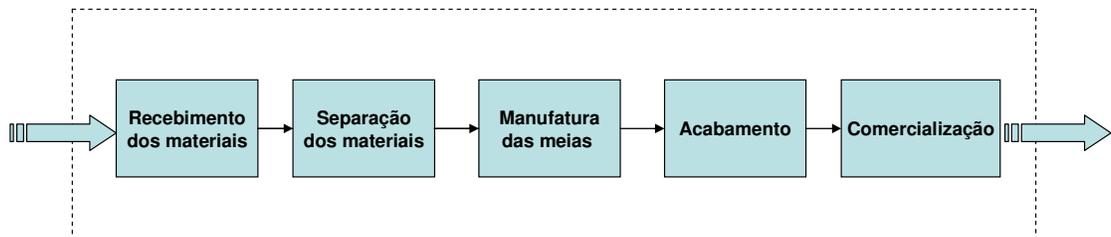
As recomendações para tal problema seriam o maior controle dos agendamentos da produção e a adição de novas unidades de produção na parte de Prensa e Corte, mas tais medidas devem ser analisadas dentro do contexto de planejamento estratégico da empresa, que busca um forte crescimento no mercado, onde outras variáveis têm um papel importante nestas decisões.

## 3.2 Sarra Ltda.

### 3.2.1 Descrição e Abordagem

A empresa a ser analisada nesse trabalho é a Sarra Confeccões Ltda. Uma pequena empresa que confecciona meias. Para a análise da mesma deve ser implementada a metodologia Lean Seis-Sigma e para determinar melhor o escopo de análise deve-se empregar a ferramenta DMAIC (definição do problema, a medição do mesmo, a análise dos dados, a implementação das soluções e posterior controle das medidas aplicadas).

Assim a partir de um macro fluxograma podem-se delinear em linhas gerais as características da empresa assim como áreas susceptíveis a ganhos com a metodologia Seis-Sigma:



**Figura 3.2.1 Macro Fluxograma Sarra**

O produto final da empresa são meias, estas avaliadas de acordo com a qualidade final do produto são classificadas como de primeira, segunda, terceira linha ou como “lixão”, padrões definidos pela própria empresa, assim na fase de definição o problema é aumentar o percentual das meias de primeira linha de maior valor agregado que as demais, podendo ser considerado que o enquadramento das meias em outras categorias decorre de falha de qualidade em alguma etapa do processo produtivo.

As principais suspeitas de falhas estão ligados a disparidades entre as máquinas que são operadas, as disparidades de habilidade entre os operadores, as

diferentes matérias primas, as condições de operação, como temperatura e umidade dado que ao fato da empresa ser de pequeno porte não existe isolamento ou manutenção das condições da área de produção, também devem ser analisados as diferentes ferramentas empregadas nas máquinas, assim como o uso de ferramentas recondicionadas. Na fase de acabamento quase todo o trabalho se dá de forma manual, assim cabe averiguar a perícia dos trabalhadores e buscar dentro da filosofia Lean a eliminação de práticas que não agreguem valor ao produto final, tentando otimizar o tempo gasto para a confecção das meias.

O processo de medições deve proporcionar dados consistentes que nos ajudarão a analisar de forma coerente as hipóteses já formuladas, sendo este feito durante a produção pelos membros do grupo e submetidos a posterior análise estatística e de ferramentas de engenharia de qualidade.

Esta análise é feita sempre visando à resolução do problema proposto e buscando as melhores formas para uma futura implementação.

Finalmente faremos o monitoramento e acompanhamento dos resultados para garantir que as modificações feitas realmente os gerem de maneira confiável e eficaz e para assegurar que estejam dentro dos padrões esperados.

Estas próximas etapas serão realizadas de acordo com o cronograma estabelecido e a disponibilidade da empresa.

# Fluxograma

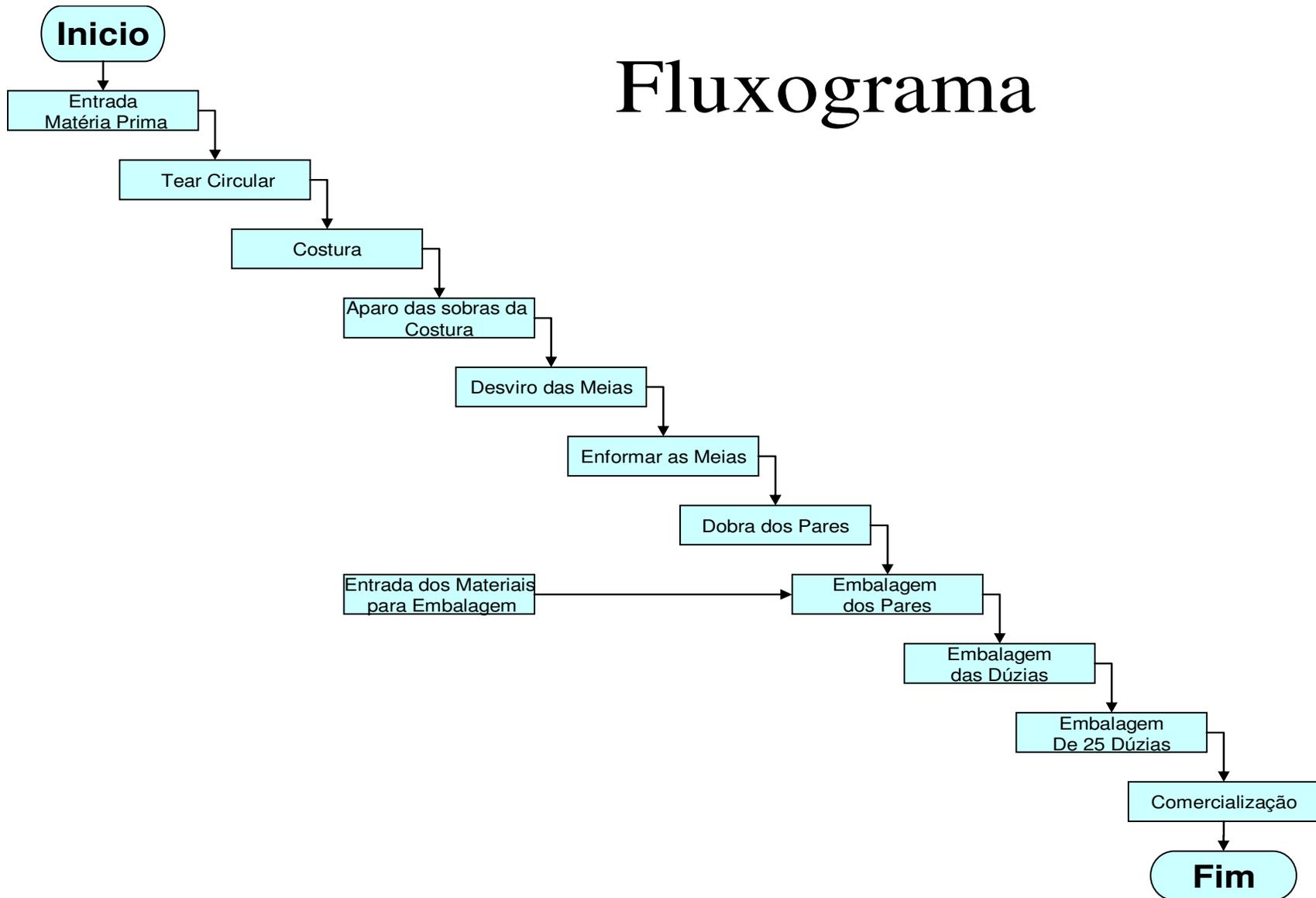


Figura 3.2.2 Fluxograma Sarra

### 3.2.2 Fluxograma

A interpretação do Fluxograma é feita da seguinte maneira:

1º) Entrada de material → consiste na encomenda e recebimento de:

- A-) Algodão (entrega semanal)
- B-) Poliéster (entrega quinzenal)
- C-) Poliamida (entrega mensal)
- D-) Elastano (entrega semanal)

2º) Condicionar a matéria prima segundo demanda no tear circular (ato contínuo, não é necessário parar a operação).



**Figura 3.2.3 Máquina de Tear Automática**

3º) Retirada da meia bruta da máquina, tarefa manual, são 7 máquinas que trabalham simultaneamente sendo que em média cada uma produz um pé a cada 50 segundos.

4º) Costura → parte mecanizada, após a inserção da meia na máquina a mesma fecha o punho costurando-o.

5º) Fase de acabamento → essa fase conta como entradas:

- I) Saco
- II) Durex
- III) Tag (cartão)
- IV) Grampo
- V) Embalagem de dúzia
- VI) Embalagem de lote (25 dúzias)

A-) Corte dos fios sobressalentes

B-) Fase de desviro da meia, ela chega do avesso e com ajuda de um molde é Desvirada manualmente

C-) Fase de enforme , a meia é colocada em um molde quente que ajusta ao formato adequado.



**Figura 3.2.4 Enformadeira**

6º) Empacotamento:

- IX) São dobrados juntos os pares
- X) Ensacamento individual, processo manual
- XI) Acumulo e ensacamento por dúzia
- XII) Acumulo e ensacamento por lote

7º) Transporte para o estoque.

8º) Distribuição.

### 3.2.3 Determinação das Possíveis Causas do Problema

O primeiro passo para a solução do problema é a compreensão do mesmo, devemos tentar entender quais são os principais problemas encontrados na produção das meias e o que pode causar estas falhas.

Partindo de uma análise macro, tentamos listar os principais problemas e em uma entrevista com um dos sócios da Sarra verificamos a relevância de cada um. Conseguimos também, levantar as possíveis causas para esses problemas e organizá-las de uma maneira em que pudéssemos obter o máximo de informação de uma maneira compacta, o método aplicado é conhecido como o Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe, também já descrito anteriormente.

Através de dados coletados para o controle de qualidade da empresa fizemos a checagem entre estes dados e as informações passadas pelo sócio. Pudemos então montar um diagrama de Pareto do processo com esses dados para a definição dos problemas mais críticos. O diagrama de Pareto e o de Ishikawa para o processo e a análise dos mesmos se encontram nas próximas paginas.

### Diagrama de Pareto dos Fenômenos

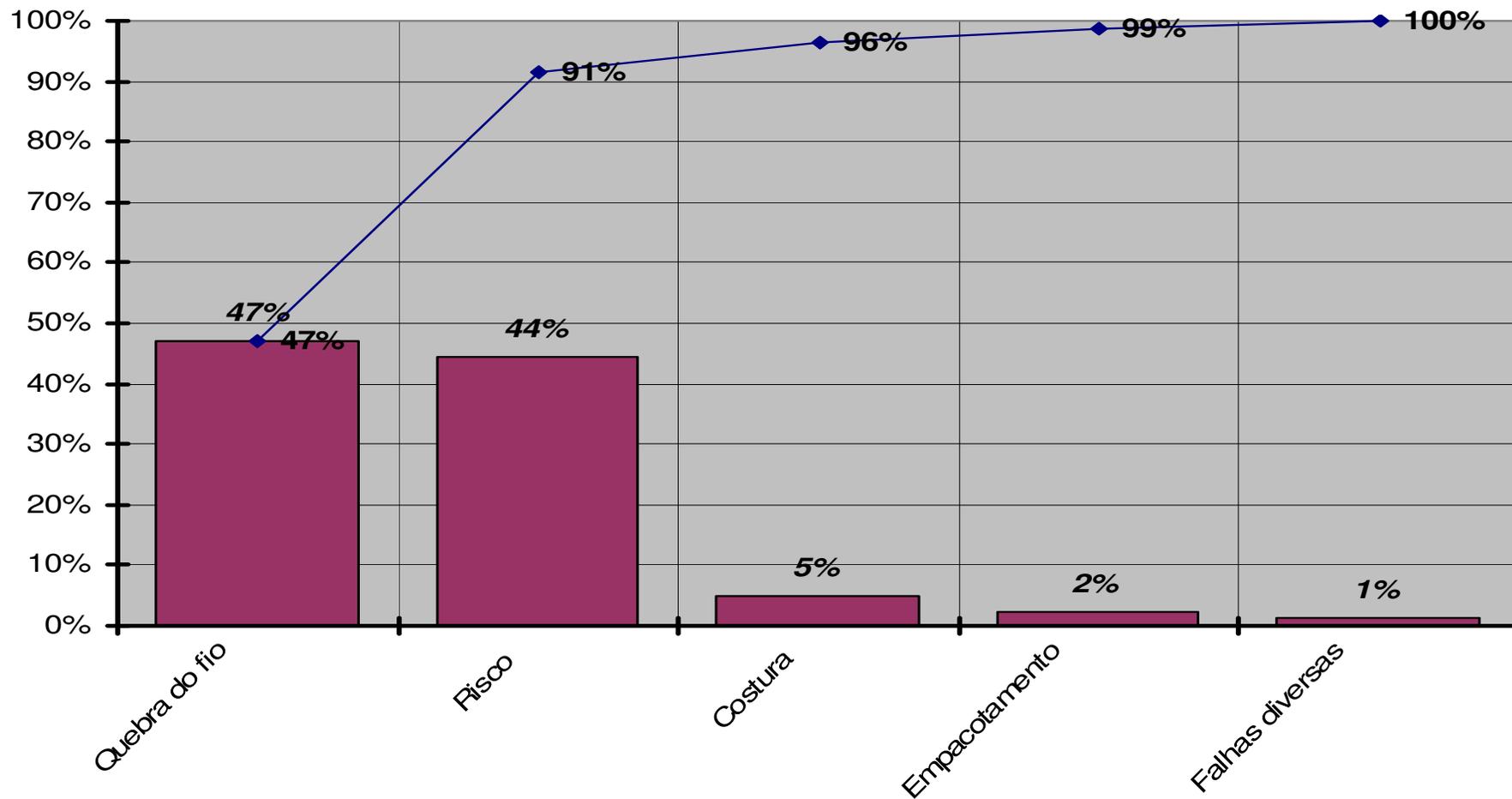


Gráfico 3.2.1 Diagrama de Pareto dos Fenômenos - Sarra

## Diagrama de Espinha de Peixe

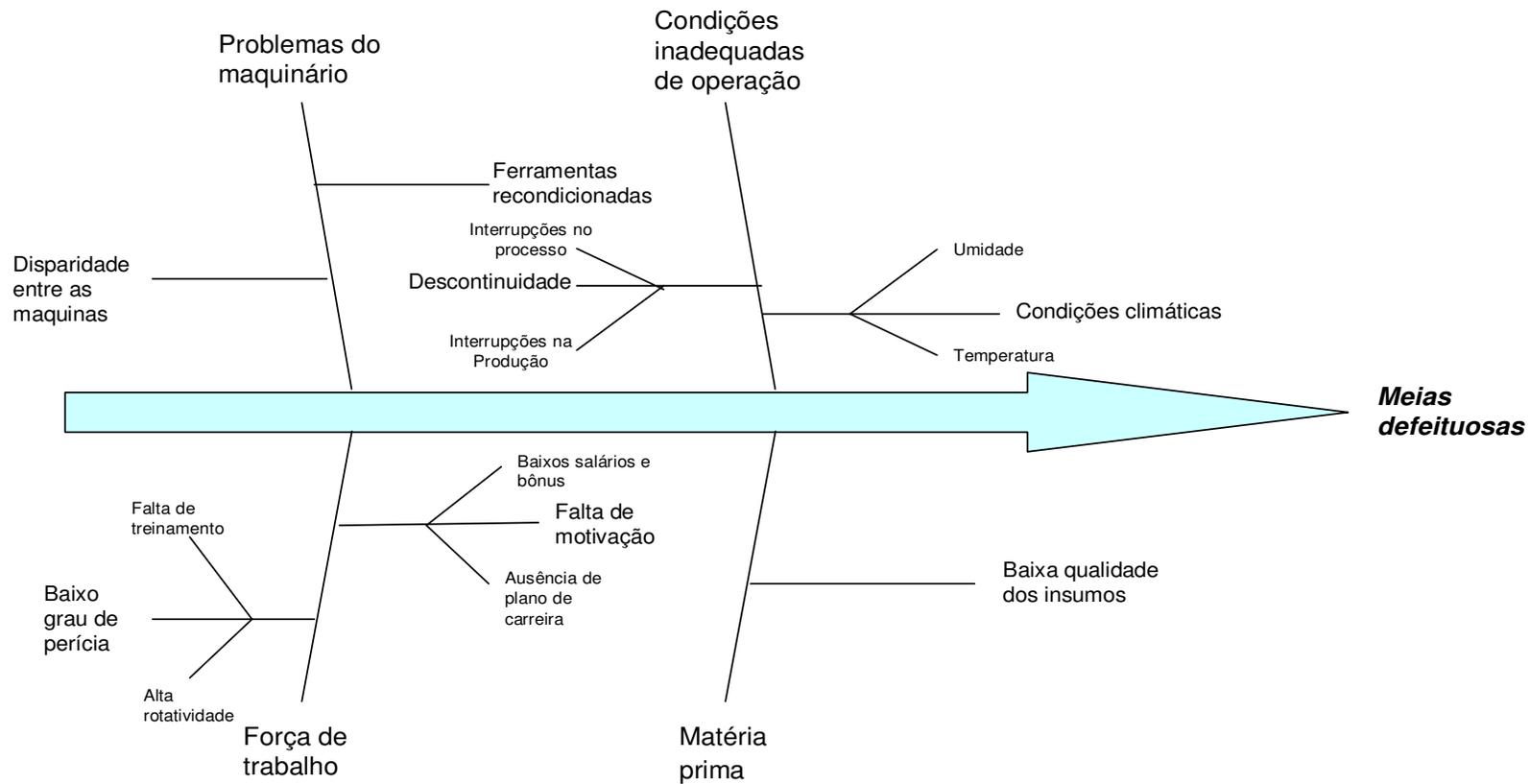


Figura 3.2.5 Diagrama de Ishikawa Possíveis causas de Meias Defeituosas

Analisando os dados dos gráficos podemos perceber que os principais problemas encontrados são:

- a) Quebra do fio;
- b) Risco na meia;

Da análise do Diagrama de Pareto concluímos que estes problemas combinados respondem por 91% do total de falhas encontrados no processo, sendo que a quebra do fio tem 47% do total e o risco nas meias 44%.

Por conta dessas informações podemos nos concentrar principalmente nesses dois problemas, pois a resolução dos mesmos nos trará uma redução no total de erros muito significativo.

O próximo passo é analisar separadamente cada problema, buscando, novamente, tentar encontrar as raízes dos mesmos, para que assim possamos começar a pensar em hipóteses para a solução desta fase do projeto.

Para realizarmos essa análise, aplicaremos novamente o Diagrama de Pareto e o de Ishikawa a esses problemas com base nos dados obtidos na empresa e nas informações reveladas pelo sócio em entrevista.

Os diagramas e análises seguem a frente:

### Possíveis Causas da Quebra do Fio

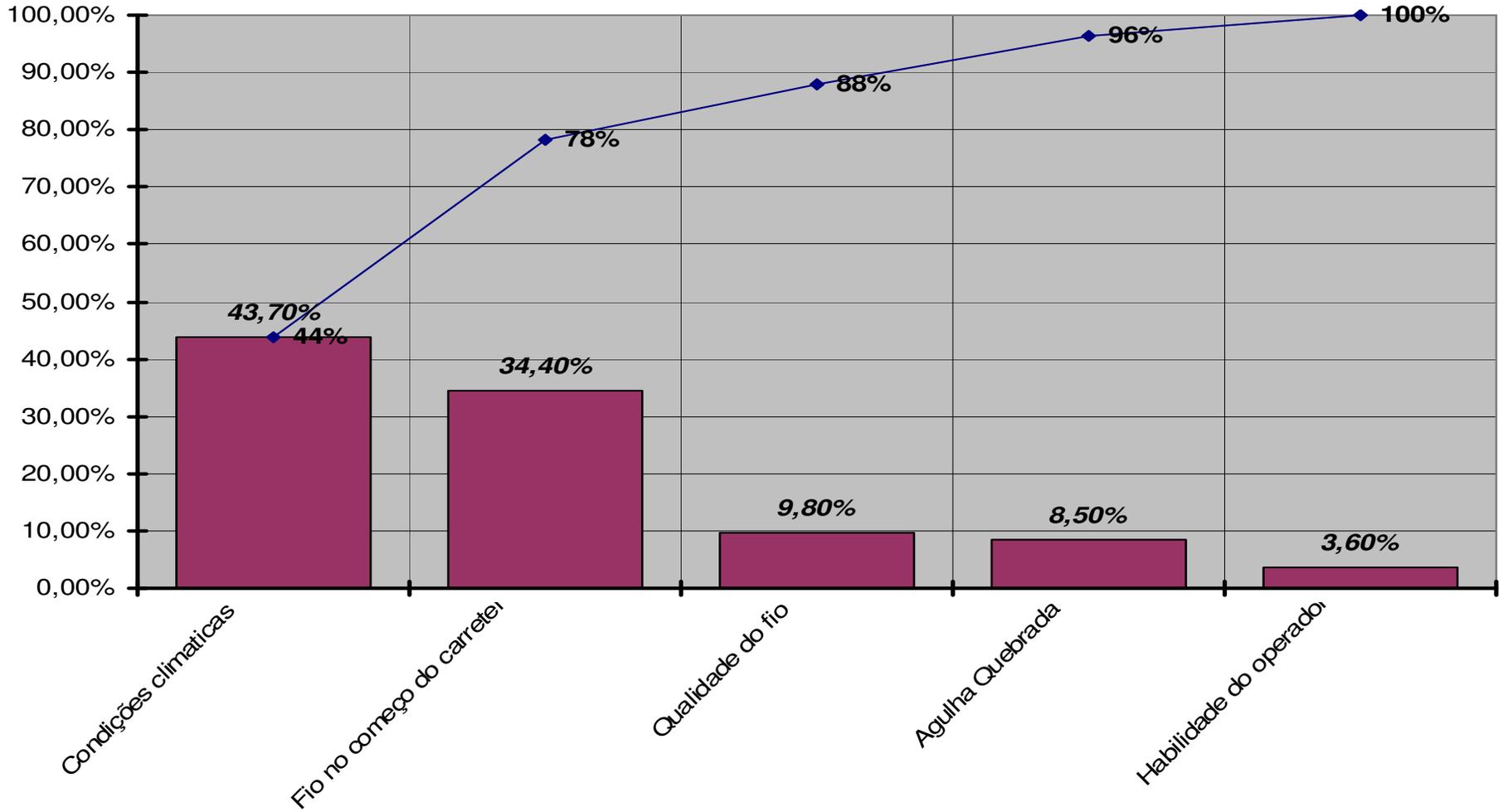


Gráfico 3.2.2 Diagrama de Pareto das Possíveis Causas de Quebra do Fio

## Diagrama de Espinha de Peixe

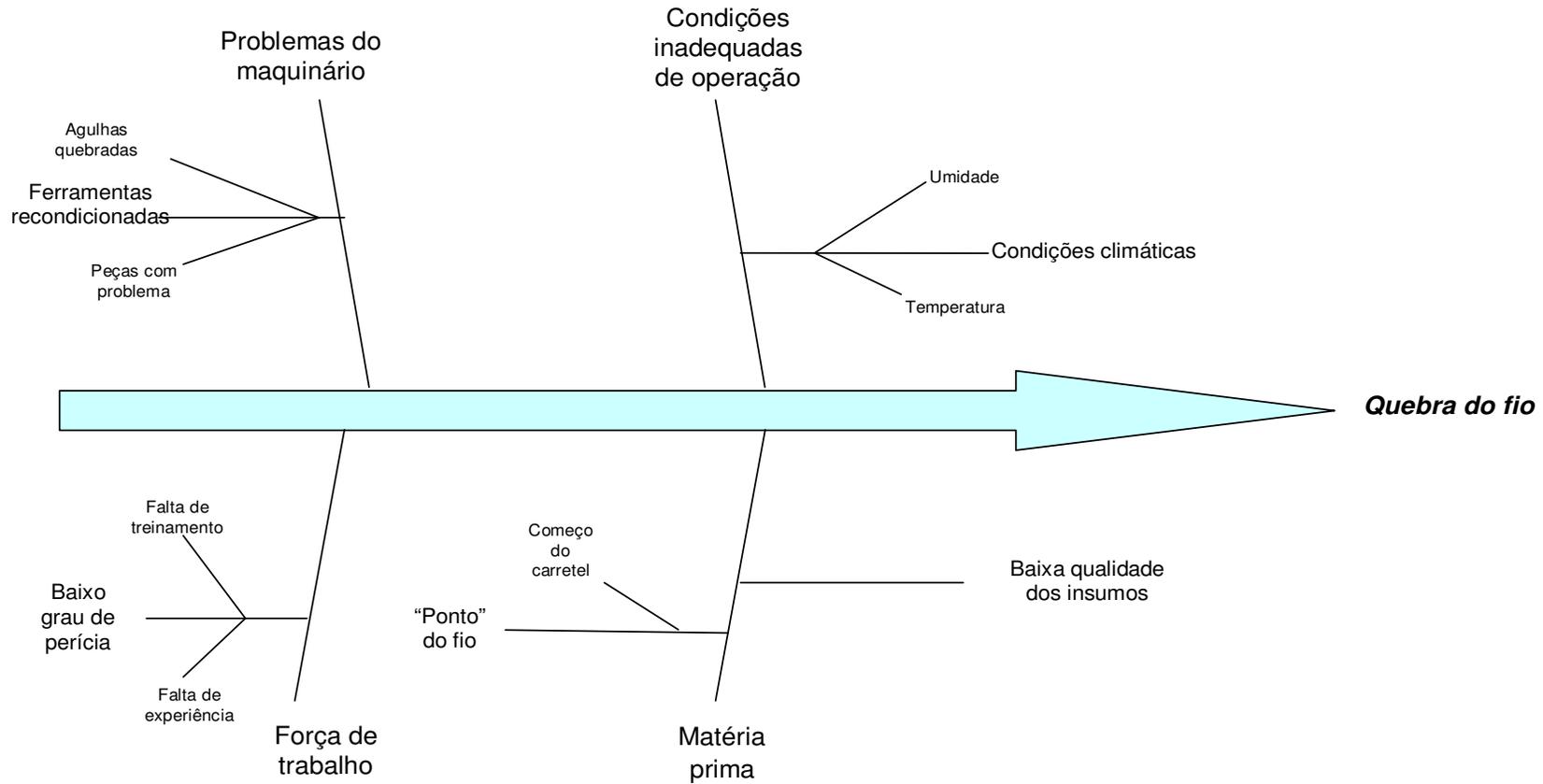


Figura 3.2.6 Diagrama de Ishikawa Possíveis causas de Quebra do Fio

Um dos principais problemas da empresa analisada reside na quebra do fio durante o processo de fabricação, o que acaba por comprometer a qualidade da peça.

Para determinar o caminho ideal de melhoria, foi empregada uma análise de diagrama de espinha de peixe para traçar as possíveis causas e depois diagrama de Pareto para determinar os pontos mais cruciais.

Para chegar em resultados foram feitas pesquisas com funcionários, o que acabou por conduzir as causas no diagrama de Ishikawa, assim foram feitas medições pelos funcionários indicando as principais causas após análise dos dados.

Deve-se ressaltar que como as falhas principais atendiam a expectativas dos funcionários, foram considerados os dados das medições como confiáveis e suficientes, dado que a amostra era de 1000 erros, o que já pode ser considerada estatisticamente suficiente também.

Assim ficou evidente que as condições climáticas, principalmente umidade e temperatura, evidenciam as falhas ocorridas durante o dia, que não aconteciam a noite e não cabiam em nenhuma outra categoria e fio no começo do carretel ,provavelmente fios danificados por transporte e exposição, são os itens críticos a serem abordados pois concentram 78,10% das falhas.

Fica assim estudar a viabilidade da climatização, assim como troca de turnos intensificando o trabalho noturno como primeiras hipóteses para melhora. Não obstante surge a possibilidade de troca da matéria prima ou descarte do material superficial.

Foram analisadas a viabilidade das alternativas assim como seus impactos.

### Possíveis Causas de Riscos nas Meias

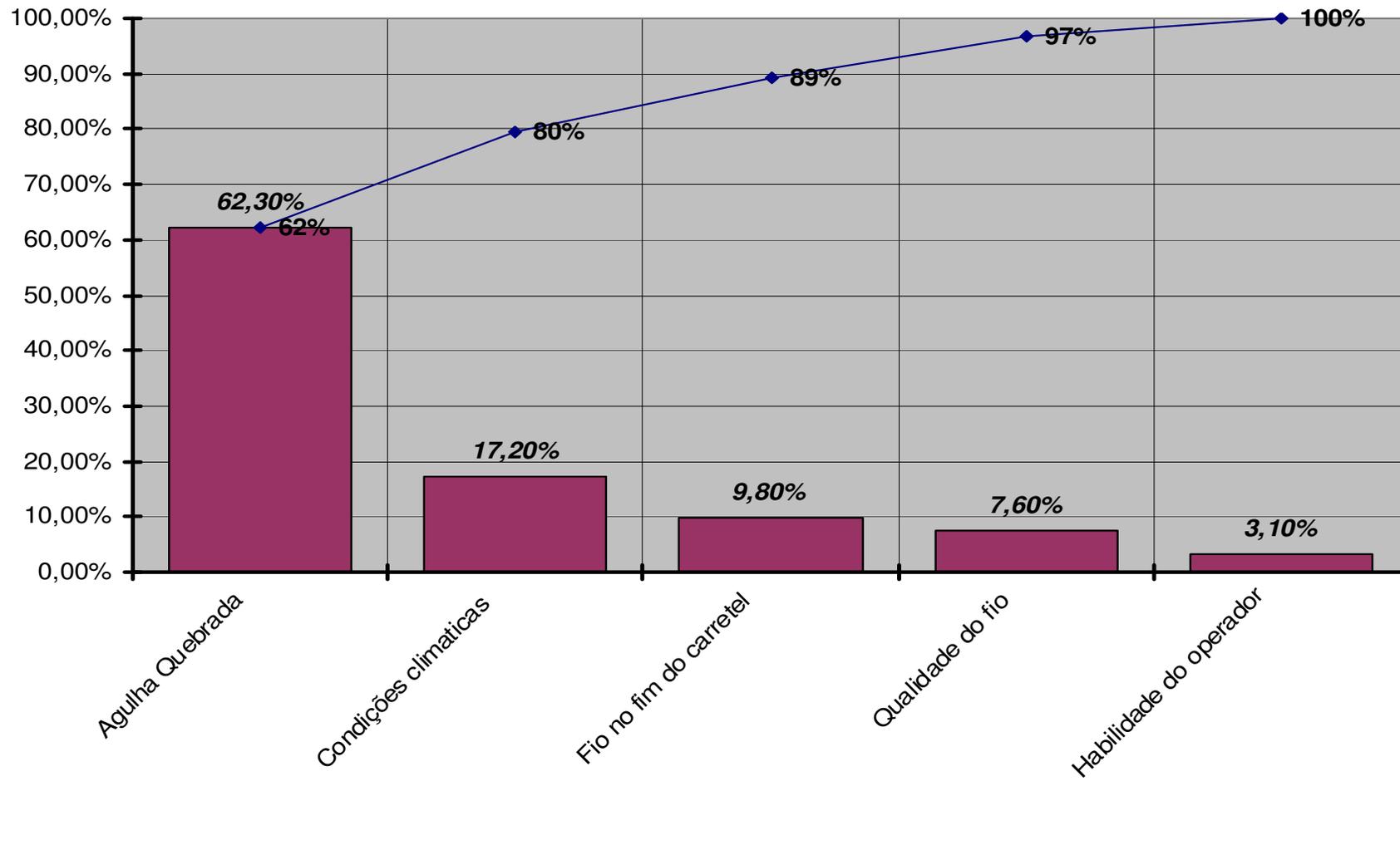


Gráfico 3.2.3 Diagrama de Pareto das Possíveis Causas de Possíveis Causas de Risco nas Meias

# Diagrama de Espinha de Peixe

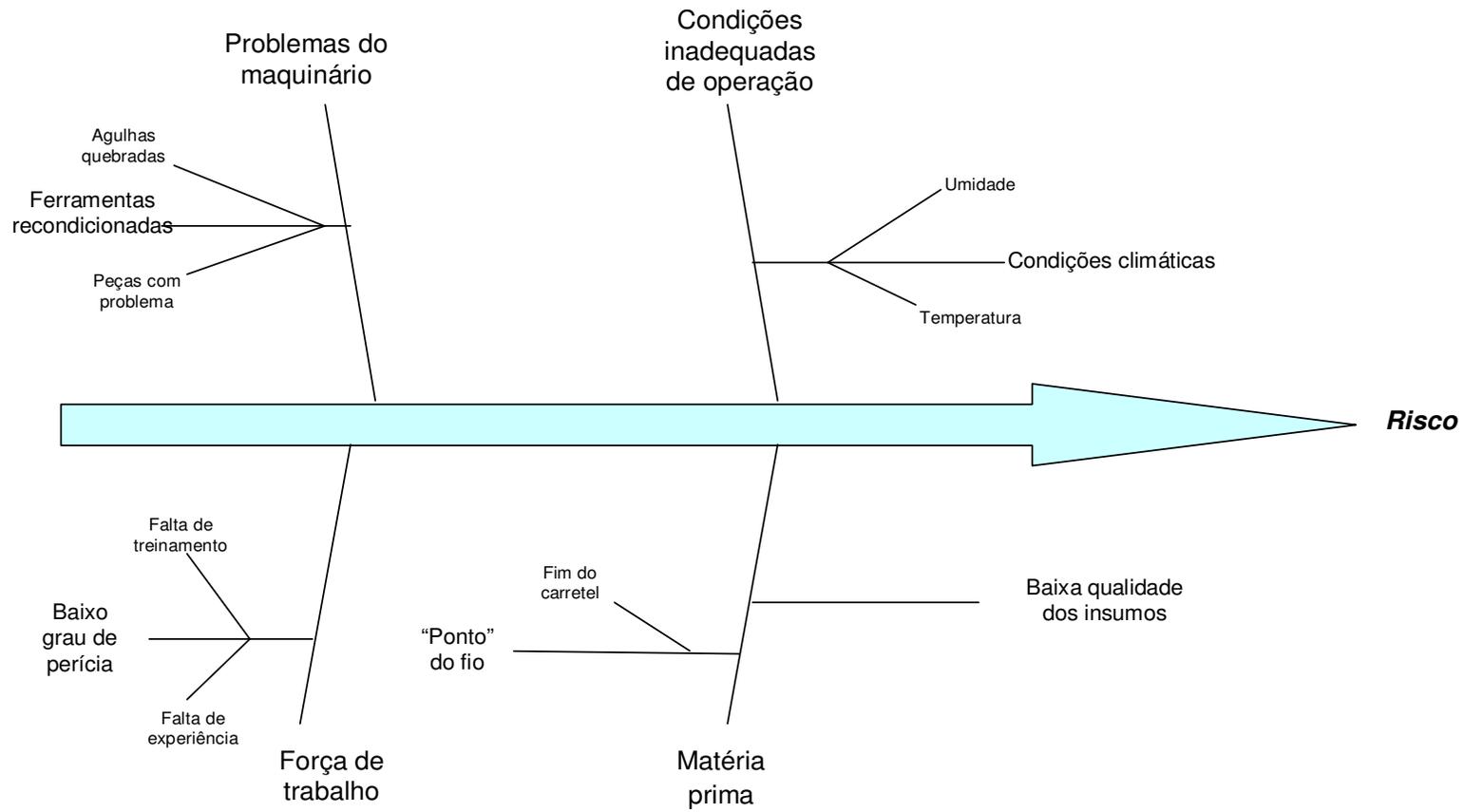


Figura 3.2.7 Diagrama de Ishikawa Possíveis causas de Risco na Meia

O outro problema crucial para a empresa analisada reside no risco no desenho da meia ou em seu corpo durante o processo de fabricação, o que acaba por comprometer a qualidade da peça.

Para determinar o caminho ideal de melhoria, foi empregada uma análise de diagrama de espinha de peixe para traçar as possíveis causas e depois diagrama de Pareto para determinar os pontos mais cruciais.

Para chegar em resultados foram feitas pesquisas com funcionários, o que acabou por conduzir as causas no diagrama de Ishikawa, assim foram feitas medições pelos funcionários indicando as principais causas após análise dos dados.

Deve-se ressaltar que como as falhas principais atendiam a expectativas dos funcionários, foram considerados os dados das medições como confiáveis e suficientes, dado que a amostra era de 1000 erros, o que já pode ser considerada estatisticamente suficiente também.

Assim ficou evidente que as condições climáticas, principalmente umidade e temperatura, evidenciam as falhas ocorridas durante o dia, que não aconteciam a noite e não cabiam em nenhuma outra categoria outro fator crucial foi a quebra de agulhas principal representante com 62,3% das causas, como as condições climáticas já estão no escopo dos erros de quebra do fio, será focado neste item a análise da quebra da agulha.

Estudou-se mudar o ritmo de operação buscando melhorar a longevidade das agulhas, ou a troca da máquina ferramenta, ainda serão necessários estudos mais aprofundados para buscar a viabilidade dessas alternativas ou novas alternativas.

Após visita à fábrica uma medida proposta foi a substituição periódica e preventiva das agulhas, mas infelizmente esse problema não foi sanado pois identificamos que as agulhas quebram seqüencialmente após a primeira falha e ao contrário do previsto as falhas iniciais ocorrem não por fadiga, mas sim devido a

diversos fatores, entre eles, a má qualidade do fio, que devido sua alta rugosidade podia quebrar a agulha ao “ engripar” no equipamento, assim, mesmo após a troca periódica e preventiva o problema continuou a persistir.

Assim sendo, uma medida insuficiente e relativamente cara para a empresa, assim cabe como sugestão a troca de fornecedor, entretanto o aumento do custo deve impossibilitar essa alternativa.

Analisamos os motivos sob uma ótica mais estruturada, elaboramos diagramas de Pareto e de Ishikawa sobre os mesmos, e aí sim, pudemos buscar novas opções para a solução desse problema.

Após concluir-se que a quebra de agulhas era o problema raiz mais crítico para a empresa, foi sugerida uma forma de manutenção preventiva, com a troca de todas as 120 agulhas da máquina de forma periódica. Entretanto tal medida mostrou-se ineficaz, pois apesar dela as agulhas continuaram a quebrar.

Assim foi feito um novo estudo das razões da quebra da agulha, e com grande esforço da empresa foi possível traçar as causas das quebras e ficou claro que a fadiga da agulha era uma parte ínfima do problema, conforme demonstrado pelo diagrama e Pareto abaixo.

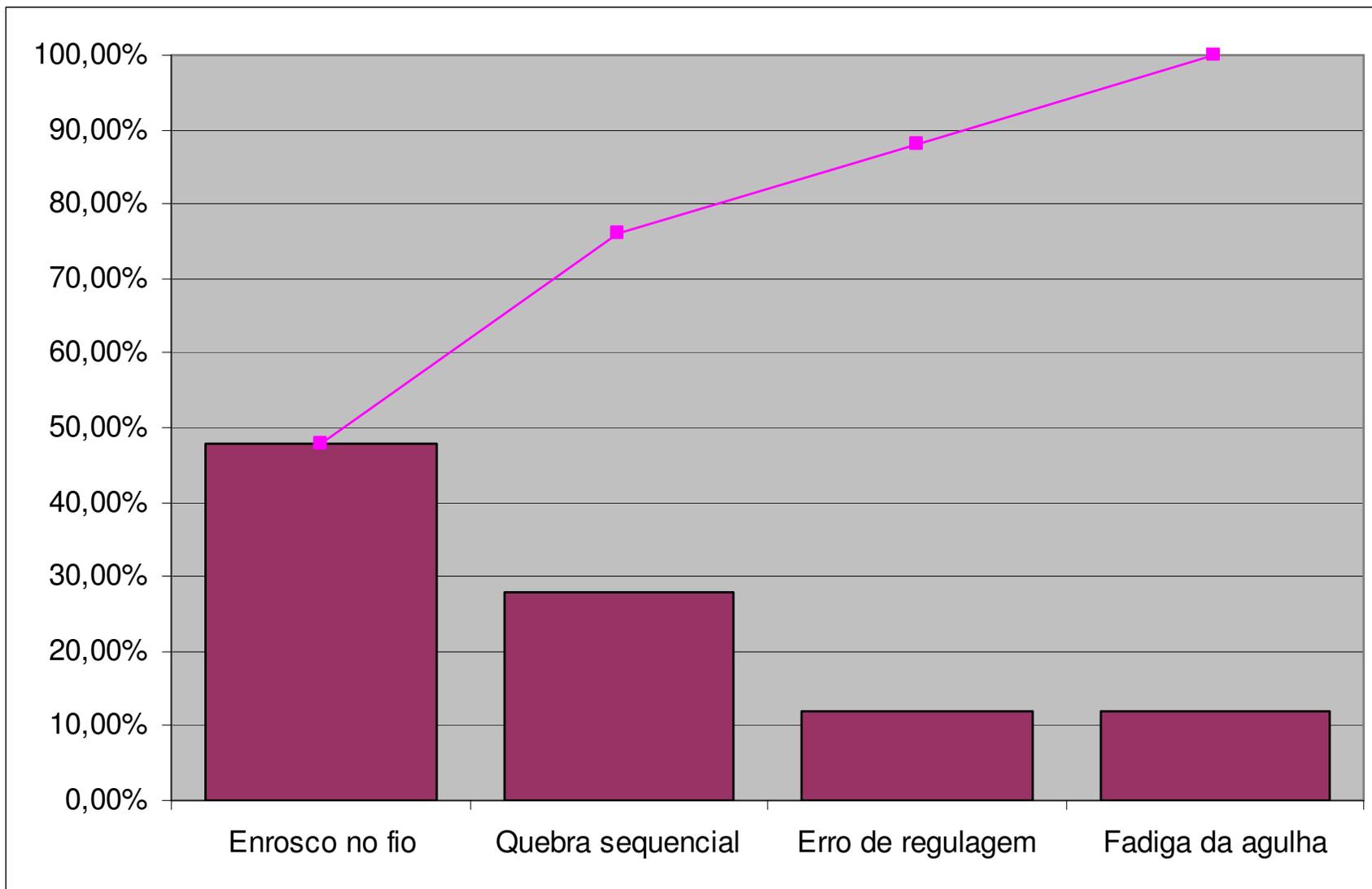


Gráfico 3.2.4 Diagrama de Pareto das Causas de Quebra da Agulha

Sendo o enrosco do fio na agulha decorrente da qualidade do fio, a quebra seqüencial por sua vez ocorre quando a primeira agulha quebra e há uma sobrecarga nas demais acarretando em quebras em larga escala. Ainda existem erros de regulagem que acabam por sobrecarregar o sistema e assim danificar agulhas e por fim algumas agulhas acabam de fato quebrando por fadiga quando nenhum dos itens antes citados de fato ocorre.

De tal forma concluímos que somente uma mudança drástica como troca de matéria prima ou maquinário poderiam solucionar o problema, de tal forma propusemos o descarte do início do rolo de fio, que tem qualidade um pouco inferior, assim esperamos que com desperdício de 5% de matéria prima, numero tido como suficiente pela empresa para atingir toda a parte comprometida do fio, possamos diminuir consideravelmente o enrosco no fio. Esta solução esta sendo estudada pela empresa como forma de projeto piloto para avaliar sua eficácia e eficiência.

Porém, sendo uma medida relativamente cara para a empresa, assim cabe como sugestão a troca de fornecedor, entretanto o aumento do custo pode impossibilitar tal alternativa.

### 3.2.4 Análise das Possíveis Soluções e Análise Financeira

A primeira solução a ser proposta seria a climatização da sala de operação, porém tanto em termos de investimento inicial quanto para manutenção da operação esta alternativa se mostra totalmente inviável financeiramente dado o porte da empresa, não sendo necessário explorar mais essa possibilidade.

Assim iremos focar na solução viável, que é eficaz no tocante do risco do fio, através da quebra das agulhas. Essa solução é eliminar a parte danificada do fio (+/- 5%) de forma a utilizar somente a parte do fio que apresenta riscos mínimos de enroscar na agulha, dada sua maior linearidade de propriedades, em especial menor rugosidade. Dispensando o começo do carretel que também causa os problemas de Quebra do Fio, temos uma resposta para a raiz dos dois principais problemas. Essa solução foi proposta para empresa como forma de projeto piloto para ser avaliada na prática, assim apresentamos a seguir alguns cenários feitos para avaliar o potencial de retorno da medida:

Hipóteses (dados coletados junto à empresa e em pesquisa de campo):

- a) O risco representa 44% das falhas;
- b) A quebra das agulhas equivale a 62,3% desse problema;
- c) O enroscado no fio representa 47% da causa da quebra de agulhas;
- d) A quebra do fio representa 47% das falhas;
- e) O começo do carretel representa 34% desse problema;
- f) Atualmente 3% da produção é perdida;
- g) A produção é de 100.000 meias por mês;
- h) O custo de matéria prima por meia é 25 centavos (sendo 60% do fio);
- i) O valor de venda é de R\$ 1,20;
- j) Atualmente 120 agulhas se rompem por mês;
- k) Cada agulha custa R\$ 8,00.

Assim num cenário otimista a medida poderia eliminar 100% dos enroscos da agulha, poupando assim :

Produção X % de erros X % do risco X % da agulha quebrada X % enrosco

**Tabela 3.2.1 Total de Meias Perdidas por Ano com Quebra da Agulha**

Produção	100.000
Percentual de Erros	3,00%
Percentual de Riscos na Meia	44,00%
Percentual de Quebra da Agulha	62,30%
Percentual de Enrosco	47,00%
<b>TOTAL DE MEIAS PERDIDAS</b>	<b>387</b>

Produção X % de erros X % da quebra do fio X % começo do carretel

**Tabela 3.2.2 Total de Meias Perdidas por Ano com Quebra do Fio**

Produção	100.000
Percentual de Erros	3,00%
Percentual de Quebra do fio	47,00%
Percentual Falha no Começo do Carretel	34,40%
<b>TOTAL DE MEIAS PERDIDAS</b>	<b>485</b>

Totalizando 872 meias, ou seja, uma receita adicional de R\$ 1.046,00 por mês com a comercialização da mercadoria perdida.

Quanto aos custos, primeiro teríamos uma economia com as agulhas quebradas:

Numero de agulhas quebradas X Porcentagem devido ao enrosco X Preço da agulha;

**Tabela 3.2.3 Economia com Agulhas**

Numero de agulhas quebradas	120
Porcentagem devido ao enrosco	47,00%
Preço da agulha (R\$)	8,00
<b>ECONÔMIA COM AGULHAS (R\$)</b>	<b>451,20</b>

Atingindo uma economia de R\$ 451,20 por mês com reposição de agulhas.

O custo da matéria prima seria :

Valor de fio (matéria prima X porcentagem de fio) X Produção Total X  
Porcentagem Desperdiçada:

**Tabela 3.2.4 Custo da Matéria Prima**

Matéria Prima (R\$)	0,25
Percentual de Fio	60,00%
Produção Total	100000
Percentual Desperdiçado	5,00%
<b>CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$)</b>	<b>750,00</b>

Assim:

**Tabela 3.2.5 Fluxo de Caixa da Proposta**

RECEITA	R\$ 1.497,20
Comercialização de Mercadoria Perdida	R\$ 1.046,00
Economia com Agulhas	R\$ 451,20
CUSTO	(R\$ 750,00)
Matéria Prima Sacrificada	(R\$ 750,00)
<b>FLUXO DE CAIXA</b>	<b>R\$ 747,20</b>

Somando assim R\$750,00 por mês, ou seja, nesse cenário teríamos um resultado liquido de R\$747,20 por mês, assim sendo, válida fazer um projeto piloto para verificar os resultados práticos da iniciativa, vale ressaltar que a expectativa de praticamente eliminar 100% desse tipo de falhas é possível dado que uma experiência com um fio de melhor qualidade resultou nisso, e o intuito de eliminar a parte danificada do fio aproxima muito o fio atual deste já testado pela empresa.

### 3.2.5 Aplicação de Conceitos da Manufatura Enxuta

Simultaneamente a abordagem aos problemas de qualidade utilizando conceitos da metodologia Seis Sigma, fizemos um estudo sobre os processos de produção da Sarra Ltda. utilizando os conceitos do Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) apresentados na **seção 2.2**, visando melhores níveis de velocidade, desempenho e de produção.

Para tal, a primeira tarefa foi o mapeamento do processo produtivo, já descrito em detalhes na **seção 3.2.2**, depois de mapeado, através de visitas onde foram tomadas medidas de tempo de alguns processos específicos temos condições de qualificá-las em etapas que adicionam ou não valor ao produto e aplicando os conceitos envolvidos nesse método tentar identificar os principais gargalos da produção.

Através do acompanhamento do processo produtivo notamos que os cálculos de lead time, de eficiência do processo e eficiência das etapas não são justificados e não fazem sentido para esta empresa, uma vez que ela já trabalha em produção puxada, se regulando conforme a quantidade de pedidos e as tarefas são executadas linearmente sem a formação de gargalos e sem tempo de setup e de espera para as operações.

Assim usando uma abordagem mais experimental primeiramente conduzimos um levantamento sobre a capacidade produtiva de cada máquina, para que assim, possamos compará-las com a finalidade de detectar alguma disparidade.

O levantamento é referente aos meses de Março, Abril e Maio do ano de 2008 e segundo os sócios da empresa, em tal período as máquinas estavam trabalhando em plena carga o que é importante, pois elimina erros pontuais causados pelo fato de uma máquina estar parada por falta de serviço.

Os dados se encontram nas tabelas a seguir:

**Tabela 3.2.6 Produção por Máquina Março/2008**

Dia	Máquina					Total Diário
	1	2	3	4	5	
1						-
2						-
3						-
4						-
5						-
6						-
7						-
8						-
9						-
10						-
11	2.906	3.856	3.984	4.300		15.046
12	681	1.204	893	974		3.752
13						-
14						-
15						-
16						-
17	2.705	2.686	3.469	2.791		11.651
18						-
19	1.967	2.589	2.278	2.195		9.029
20	329	419	386	339		1.473
21						-
22						-
23						-
24	1.487	708	1.380	1.257		4.832
25	1.157	1.397	1.314	1.348		5.216
26		1.536	1.464	1.393	1.072	5.465
27		1.318	1.221	1.168	382	4.089
28	231	1.598	1.561	1.486	1.276	6.152
29						-
30						-
31	852	1.496	1.350	1.069	1.198	5.965
<b>TOTAL</b>	<b>12.316</b>	<b>18.809</b>	<b>19.303</b>	<b>18.324</b>	<b>3.935</b>	<b>72.687</b>

**Tabela 3.2.6 Produção por Máquina Abril/2008**

Dia	Máquina					Total Diário
	1	2	3	4	5	
1	1.337	724	1.319	979	617	4.976
2	1.258	1.337	1.181	599	1.320	5.695
3	1.394	897	1.382	1.198	784	5.655
4						-
5						-
6						-
7	2.860	352	1.579	578	320	5.689
8	1.294	2.701	1.264	1.096	926	7.281
9						-
10	1.292	2.230	1.963	2.086	2.418	9.989
11						-
12						-
13						-
14	1.273	2.490	2.532	1.793	1.858	9.946
15	1.433	1.186	1.389	701	1.487	6.196
16	986	1.530	1.438	1.086	1.210	6.250
17						-
18						-
19						-
20						-
21						-
22	1.000	1.789	1.598	1.286	2.197	7.870
23	1.025					1.025
24	640	3.078	2.649	1.361	2.233	9.961
25	1.170	1.243	1.290	1.205	664	5.572
26						-
27						-
28	2.181	1.977	2.161	1.703	2.345	10.367
29						-
30	1.977	988	2.095	1.297	2.543	8.900
<b>TOTAL</b>	<b>21.121</b>	<b>22.524</b>	<b>23.843</b>	<b>16.972</b>	<b>20.929</b>	<b>105.389</b>

**Tabela 3.2.7 Produção por Máquina Maio/2008**

Dia	Máquina					Total Diario
	1	2	3	4	5	
1						-
2						-
3						-
4						-
5	1.467	2.936	2.987		2.975	10.365
6	1.004	1.199	987	1.263	1.261	5.714
7	1.078	937	1.196	1.263	1.261	5.735
8	821	1.020	1.152	1.309	2.376	6.678
9						-
10						-
11						-
12	1.886	628	1.899	898	1.849	7.160
13						-
14	1.669	2.256	1.988	2.595	1.986	10.494
15						-
16	2.604	2.670	2.199	1.974	2.196	11.643
17						-
18						-
19						-
20	1.632	2.889	2.144	2.589	2.489	11.743
21						-
22						-
23	1.601	2.780	3.120	1.710	3.569	12.780
24						-
25						-
26						-
27						-
28	2.030	4.148	3.724	4.179	2.891	16.972
29						-
30						-
31						-
<b>TOTAL</b>	<b>15.793</b>	<b>21.465</b>	<b>21.399</b>	<b>17.784</b>	<b>22.860</b>	<b>99.301</b>

Com esses dados podemos construir os gráficos que nos permitirão analisar as máquinas com mais critério. Os gráficos comparam as produções individuais de cada máquina com o total mensal.

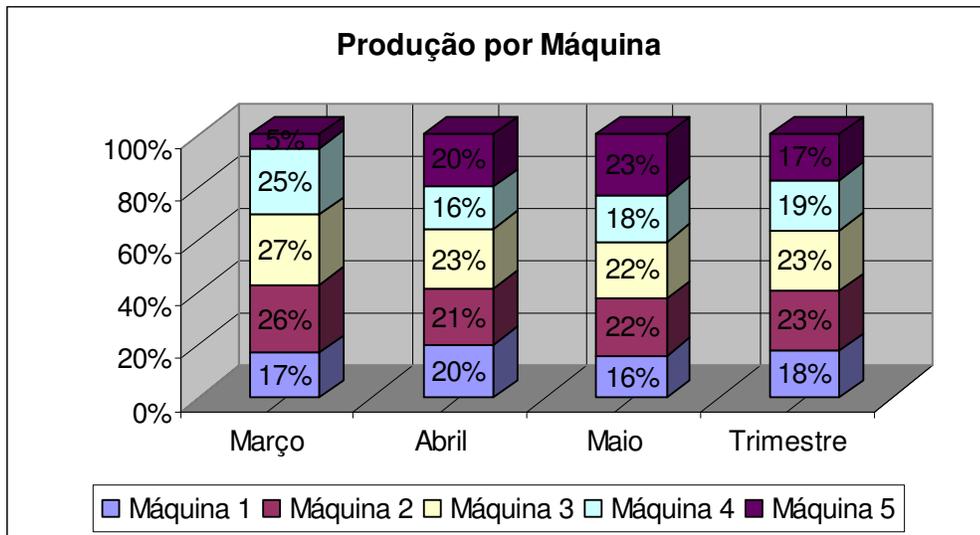


Gráfico 3.2.5 Produção por Máquina

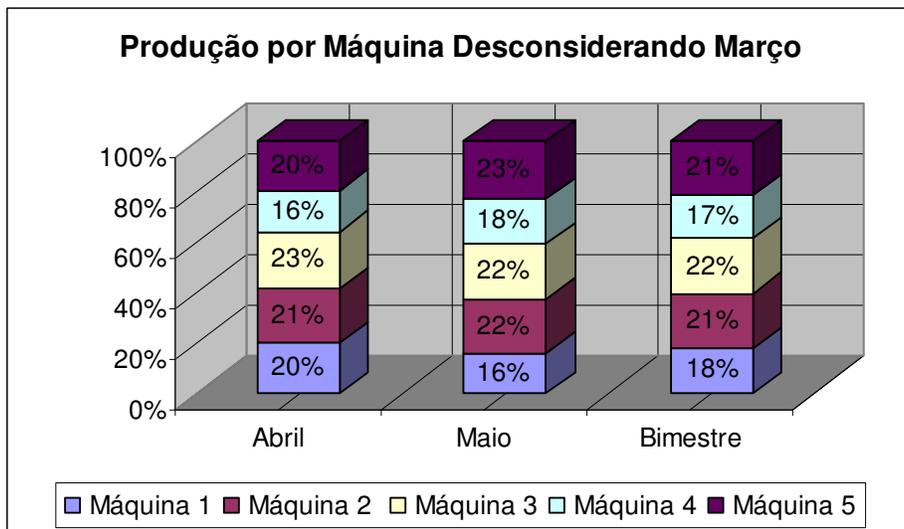


Gráfico 3.2.6 Produção por Máquina Desconsiderando Março

O primeiro gráfico mostra uma grande diferença entre a produção da Máquina 5 com as demais no mês de Março o que contribui para o baixo rendimento dela no total trimestral. Porém, sabemos que nesse mês devido a uma quebra ela só funcionou durante 4 dias.

O segundo gráfico então é feito com o intuito de amenizar essa quebra, mostrando o período em que as 5 máquinas funcionaram simultaneamente. A partir desse gráfico observamos que as máquinas tem uma participação praticamente igual no total da produção e que não há grande variação de um mês para o outro, o que mostra a consistência dessas máquinas.

A Máquina 1 apresentou a menor produção média e as maiores variações de comportamento e, como não houve nenhum incidente relatado, podemos concluir que, apesar de aparentemente não haja nenhuma grande diferença entre as máquinas que possa, de fato, afetar a produção, seria interessante continuar tomando os dados das máquinas e manter uma atenção especial sobre o comportamento da Máquina 1.

Ao mesmo tempo, acompanhando o processo de produção percebemos que duas etapas podiam ser fundidas gerando um acréscimo de velocidade e desempenho.

As etapas de desviro da meia, aonde ela chega do avesso e com ajuda de um molde é desvirada manualmente; e fase de enforme, onde a meia é colocada em um molde quente que ajusta ao formato adequado, podem ser combinadas graças à geometria da enformadeira, mostrada na seção anterior é novamente reproduzida aqui:



**Figura 3.2.4 Enformadeira**

Tal união de processos se dá utilizando a própria enformadeira como o molde para desviro. Assim, economizamos o tempo de desvirar a meia, antes e levá-la já desvirada para a enformadeira que aí, então seria enformada.

Esta junção por mais simples que pareça, acarreta em um razoável decréscimo no tempo para finalização do processo a custo financeiro nulo. Teremos apenas um gasto de tempo para o treinamento dos funcionários para essa operação, e o tempo de adaptação onde deve ocorrer um aumento no tempo médio se comparado com o método anterior, porém ambos os períodos de curta duração.

### 3.2.6 Conclusões

A empresa Sarra Confeccões LTDA apresenta potencial de melhoras pontuais com viabilidade técnica e financeira. Após o estudo foram verificados algumas deficiências no processo, entretanto a grande maioria decorria de fatos inerentes a sua condição de empresa de pequeno porte, assim havendo pouca perspectiva de solução dentro de um horizonte economicamente viável.

Após análise mais minuciosa foram ainda encontradas falhas específicas que careciam de pouco investimento, estas porém só ficaram claras após um estudo minucioso, demonstrando assim a importância de uma análise Lean seis sigma mesmo para uma empresa de pequeno porte.

Nesse contexto foi possível propor uma solução de seis sigma que sugere o sacrifício de uma pequena parcela da matéria prima em prol de menos defeitos, além de uma solução de Lean manufacturing propondo a junção de duas etapas em uma poupando tempo e a necessidade de um funcionário por turno.

De tal forma o resultado pode ser considerado como satisfatório, pois comprova eficiência da metodologia Lean Seis Sigma para empresas de pequeno porte além é claro dos resultados tangíveis que a empresa estuda em questão vai poder obter com a aplicação das soluções propostas.

### 3.3 Análise Comparativa da Aplicação dos Conceitos Lean Seis Sigma

Neste trabalho foi possível confirmar a aplicabilidade com resultados concretos e positivos para as empresas alvo da metodologia Lean Seis Sigma. Embora hajam limitações no escopo de aplicação, principalmente quanto a coleta de dados e a viabilidade das soluções, ainda foi possível fazer análises completas determinar as causas raiz de cada falha, encontrar pontos de ineficiência e gargalos de produção.

No caso das empresas de porte pequeno por questão natural de sobrevivência, dada a grande competição a que estão sujeitas e o contato mais direto dos donos e gestão no processo e no dia a dia da empresa, existe uma inerente manufatura enxuta eliminando muito do escopo da parte do Lean, mas devido a falta de pessoal especializado em qualidade, muito oneroso dado o porte da empresa, existe grande gama de análise relevante a ser executada dentro da metodologia seis sigma. Nesta parte se concentram as soluções mais relevantes para empresas com características similares a da Sarra Confecções LTDA.

Por outro lado as empresas de porte médio possuem departamentos de qualidade o que facilita a obtenção de dados a serem analisados, entretanto em geral não são executadas investigações minuciosas sobre as causas dos problemas mas somente a solução pontual das falhas mais graves, havendo assim também espaço para uma análise mais minuciosa e criteriosa segundo a metodologia seis sigma. No tocante do Lean manufacturing foram encontradas grandes deficiências havendo um potencial enorme de resultados a ser explorado com a aplicação criteriosa de seus conceitos. Assim fica evidente a importância e utilidade de todo escopo do Lean seis sigma para empresas com perfil similar a da Itaim Luminárias ainda colaborando para essa conclusão deve se lembrar o fato da menor limitação financeira quanto às alternativas de solução.

Assim concluímos que a metodologia Lean Seis Sigma é benéfica e aplicável a qualquer tipo de indústria e com algumas particularidades de acordo com seu porte.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. McGraw-Hill, 2002.

GEORGE, M. L. **The Lean six sigma pocket toolbox**. McGraw-Hill, 2005

GEORGE, M. L. **Lean Seis Sigma para serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

JUNIOR, A.C. **Dificuldades da Implementação de Programas Seis Sigma: estudos de casos em empresas com diferentes níveis de maturidade** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

KUNIYOSHI, D.G. **Implementação da Metodologia Lean Seis Sigma em uma empresa do setor têxtil**. Dissertação (Trabalho de Formatura) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROTONDARO R. G., **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**, São Paulo, Atlas 2002.

STAMATIS, D. H.; **Six Sigma Fundamentals: A Complete Guide to the System, Methods and Tools**, New York, 2004

WOMACK, J. P. e JONES, D.T.; **A Mentalidade Enxuta das Empresas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.